

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Технічний коледж

М. В. Яцков, Б. Д. Войцешевський

ХІМІЯ

**Для вищих навчальних закладів І-ІІ рівнів
акредитації**

Академічний рівень

Навчальний посібник

Частина друга



Рівне – 2017

УДК 54(075.8)

Я92

Рецензенти:

Романишина Л. М., кандидат хімічних наук, доктор педагогічних наук, професор Хмельницької гуманітарно-педагогічної академії;

Стухляк П. Д., кандидат хімічних наук, доктор технічних наук, професор Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя;

Буденкова Н. М., кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та фізики НУВГП (м. Рівне);

Хмеляр І. М., кандидат педагогічних наук, викладач-методист, викладач хімії Рівненського базового медичного коледжу.

Рекомендовано вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.

(Протокол № 8 від 13.10.2017 р.)

Яцков М. В., Войцешевський Б. Д.

Я92 Хімія. Для вищих навчальних закладів І-ІІ рівнів акредитації: Ч. 2. Навч. посіб. – Рівне : НУВГП, 2017. – 381 с.

ISBN 978-966-327-388-4

Навчальний посібник «Хімія», частина II розрахований на студентів ВНЗ І-ІІ рівнів акредитації *природничо-математичного та хіміко-технологічного* профілів навчання, які вивчають органічну хімію на *академічному рівні*.

Зміст і об'єми навчального матеріалу та послідовність його викладу відповідають діючим стандартам освіти.

Особлива увага приділена розв'язанню експериментальних, розрахункових та якісних задач, внутрішньопредметним та міжпредметним зв'язкам, дотриманню правил техніки безпеки під час проведення фронтального експерименту.

Посібник насичений історичними довідками, цікавими інформативними повідомленнями, достатньо ілюстрований.

Він може бути використаний студентами коледжів, учнями ліцеїв і гімназій при опрацюванні навчального матеріалу, а також у період підготовки до ЗНО знань з хімії.

УДК 54(075.8)

ISBN 978-966-327-388-4

© Яцков М.В., Войцешевський Б.Д., 2017

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2017

Зміст

Передмова.....	10
Вступ. Предмет органічної хімії.....	11
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ.....	15
1.1. <i>Теорія будови органічних речовин.....</i>	15
1.1.1. Передумови створення теорії будови.....	15
1.1.2. Теорія хімічної будови.....	16
1.1.3. Ізомерія.....	19
1.1.4. Розвиток і значення теорії хімічної будови.....	21
1.2. <i>Природа хімічних зв'язків в органічних речовинах.....</i>	23
1.2.1. Види хімічних зв'язків в органічних сполуках.....	23
1.2.2. Типи розриву ковалентного зв'язку.....	25
1.2.3. Будова і валентні стани атома Карбону.....	26
1.2.4. Електронна будова простих (одинарних) хімічних зв'язків.....	28
1.2.5. Електронна будова кратних (подвійних і потрійних) зв'язків.....	29
1.3. <i>Органічні речовини.....</i>	32
1.3.1. Чисельність органічних речовин.....	32
1.3.2. Класифікація органічних речовин.....	33
1.3.3. Номенклатура органічних сполук.....	36
1.3.4. Класифікація органічних реакцій.....	37
РОЗДІЛ II. ВУГЛЕВОДНІ.....	40
2.1. <i>Насичені вуглеводні.....</i>	40
2.1.1. Будова молекул алканів.....	40
2.1.2. Гомологічний ряд алканів. Алкіли.....	42
2.1.3. Номенклатура та ізомерія алканів.....	44
2.1.4. Положення атомів Карбону у ізомерах алканів.....	46
2.2. <i>Властивості, добування і застосування алканів.....</i>	49
2.2.1. Фізичні властивості алканів.....	49
2.2.2. Хімічні властивості алканів.....	50
2.2.3. Способи добування алканів.....	52
2.2.4. Застосування метану і інших алканів.....	55
2.3. <i>Циклоалкани.....</i>	57
2.3.1. Склад молекул циклоалканів.....	57
2.3.2. Назви.....	57
2.3.3. Ізомерія.....	58
2.3.4. Фізико-хімічні властивості.....	59

2.3.5.	Добування.....	60
2.3.6.	Застосування циклоалканів.....	61
2.4.	Практична робота № 1. Виявлення Карбону, Гідрогену і Хлору в органічних речовинах.....	63
2.5.	Розв'язування розрахункових задач на виведення формул органічних сполук.....	65
2.5.1.	Виведення молекулярної формули газуватої речовини за масовою часткою елементів.....	65
2.5.2.	Виведення формули речовини за молекулярною масою.....	67
2.6.	Ненасичені вуглеводні. Алкени.....	69
2.6.1.	Класифікація ненасичених вуглеводнів.....	69
2.6.2.	Будова молекули етену.....	70
2.6.3.	Гомологічний ряд алкенів.....	71
2.6.4.	Номенклатура та ізомерія.....	72
2.7.	Властивості, добування і застосування алкенів.....	75
2.7.1.	Фізичні властивості.....	75
2.7.2.	Хімічні властивості.....	75
2.7.3.	Способи добування.....	79
2.7.4.	Застосування алкенів.....	80
2.8.	Розв'язування задач на знаходження формули органічної сполуки за масою, об'ємом та кількістю речовини – продуктів її горіння.....	83
2.9.	Дієнові вуглеводні (алкадієни).....	87
2.9.1.	Класифікація алкадієнів.....	87
2.9.2.	Будова молекул.....	88
2.9.3.	Ізомерія і номенклатура.....	88
2.9.4.	Хімічні властивості.....	89
2.9.5.	Добування алкадієнів.....	91
2.9.6.	Натуральний каучук.....	91
2.10.	Алкіни.....	95
2.10.1.	Будова молекули етину. Гомологічний ряд алкінів.....	95
2.10.2.	Номенклатура та ізомерія.....	96
2.10.3.	Властивості алкінів.....	98
2.10.4.	Способи добування.....	102
2.10.5.	Застосування ацетилену і його похідних.....	103
2.11.	Арени. Бензен.....	106
2.11.1.	Електронна будова молекул бензену.....	106
2.11.2.	Арени.....	109
2.11.3.	Властивості бензену.....	110
2.12.	Добування та застосування аренів.....	115
2.12.1.	Добування аренів.....	115

2.12.2.	Застосування аренів.....	117
2.12.3.	Хімічні засоби захисту рослин.....	118
2.12.4.	Взаємозв'язок між вуглеводнями.....	119

РОЗДІЛ III. ПРИРОДНІ ДЖЕРЕЛА ВУГЛЕВОДНІВ..... 123

3.1.	<i>Джерела вуглеводневої сировини. Природний і супутний газ</i>	123
3.1.1.	Джерела вуглеводневої сировини.....	123
3.1.2.	Природний газ.....	123
3.1.3.	Супутний нафтовий газ.....	125
3.2.	Нафта. Нафтопродукти	129
3.2.1.	Походження, властивості та застосування.....	129
3.2.2.	Переробка нафти.....	132
3.2.3.	Детонаційна стійкість бензинів.....	136
3.3.	Кам'яне вугілля	137
3.3.1.	Коксування кам'яного вугілля.....	138
3.3.2.	Газифікація і гідрування кам'яного вугілля.....	142
3.3.3.	Охорона довкілля від забруднення при переробці вуглеводневої сировини.....	143

РОЗДІЛ IV. ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ.... 147

4.1.	Спирти. Одноатомні спирти	147
4.1.1.	Класифікація спиртів.....	147
4.1.2.	Номенклатура спиртів.....	149
4.1.3.	Ізомерія спиртів.....	150
4.1.4.	Насичені одноатомні спирти. Гомологічний ряд.....	150
4.1.5.	Фізичні властивості спиртів. Водневий зв'язок.....	151
4.2.	Хімічні властивості, способи добування та застосування спиртів	154
4.2.1.	Хімічні властивості.....	154
4.2.2.	Добування спиртів.....	158
4.2.3.	Застосування спиртів.....	159
4.3.	Багатоатомні спирти	161
4.3.1.	Будова і фізичні властивості.....	161
4.3.2.	Хімічні властивості.....	162
4.3.3.	Способи добування.....	165
4.3.4.	Застосування багатоатомних спиртів.....	166
4.3.5.	Фізіологічна дія спиртів.....	168
4.4.	Фенол	170
4.4.1.	Класифікація і номенклатура фенолів.....	170
4.4.2.	Фізичні властивості фенолу.....	171
4.4.3.	Хімічні властивості.....	172

4.4.4.	Способи добування.....	175
4.4.5.	Застосування фенолу.....	176
4.4.6.	Фізіологічна дія на організм.....	176
4.4.7.	Охорона довкілля.....	177
4.5.	Альдегіди	179
4.5.1.	Альдегіди і кетони.....	179
4.5.2.	Номенклатура і ізомерія альдегідів.....	180
4.5.3.	Фізичні властивості.....	181
4.5.4.	Хімічні властивості.....	182
4.5.5.	Способи добування.....	185
4.5.6.	Метаналь і етаналь – представники альдегідів.....	187
4.5.7.	Біологічна дія.....	188
4.6.	Карбонові кислоти	190
4.6.1.	Класифікація карбонових кислот.....	191
4.6.2.	Номенклатура і ізомерія.....	191
4.6.3.	Гомологічний ряд одноосновних карбонових кислот.....	193
4.6.4.	Електронна будова карбоксильної групи.....	194
4.6.5.	Властивості кислот.....	194
4.6.6.	Якісні реакції на карбонові кислоти.....	198
4.6.7.	Добування і застосування карбонових кислот.....	199
4.7.	Вищі карбонові кислоти. Мила. СМЗ	203
4.7.1.	Вищі карбонові кислоти.....	203
4.7.2.	Мила.....	205
4.7.3.	Синтетичні мийні засоби.....	208
4.7.4.	Захист природи від забруднення СМЗ.....	210
4.8.	Естери	212
4.8.1.	Номенклатура естерів.....	213
4.8.2.	Ізомерія естерів.....	213
4.8.3.	Способи добування.....	214
4.8.4.	Фізичні властивості.....	215
4.8.5.	Хімічні властивості.....	216
4.8.6.	Застосування естерів.....	217
4.9.	Жири	219
4.9.1.	Будова жирів.....	219
4.9.2.	Класифікація жирів. Фізичні властивості.....	221
4.9.3.	Хімічні властивості.....	222
4.9.4.	Біологічна роль жирів.....	224
4.10.	Вуглеводи. Моноцукриди	227
4.10.1.	Загальна характеристика.....	227
4.10.2.	Класифікація вуглеводів.....	228
4.10.3.	Глюкоза.....	229
4.10.4.	Фруктоза.....	235

4.10.5.	Рибоза і дезоксирибоза.....	236
4.11.	Дицукриди. Цукроза	238
4.11.1.	Цукроза.....	238
4.11.2.	Ізомери цукрози.....	243
4.12.	Поліцукриди. Крохмаль	245
4.12.1.	Поширення крохмалю у природі.....	245
4.12.2.	Будова молекули.....	246
4.12.3.	Фізико-хімічні властивості.....	247
4.12.4.	Добування.....	250
4.12.5.	Застосування крохмалю.....	250
4.13.	Целюлоза	252
4.13.1.	Поширеність у природі.....	252
4.13.2.	Будова молекули.....	252
4.13.3.	Фізико-хімічні властивості.....	254
4.13.4.	Застосування целюлози.....	256
4.13.5.	Поняття про штучні волокна.....	257
4.13.6.	Біологічне значення вуглеводів.....	259

РОЗДІЛ V. НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ.... 262

5.1.	Аміни	262
5.1.1.	Ізомерія амінів.....	263
5.1.2.	Порівняльна будова молекул амоніаку і амінів.....	263
5.1.3.	Поширення у природі. Фізичні властивості.....	264
5.1.4.	Хімічні властивості.....	265
5.1.5.	Способи добування.....	267
5.1.6.	Застосування амінів.....	268
5.2.	Анілін	270
5.2.1.	Фізичні властивості аніліну.....	270
5.2.2.	Хімічні властивості.....	270
5.2.3.	Способи добування.....	273
5.2.4.	Застосування аніліну. Вплив аніліну на людину.....	274
5.3.	Амінокислоти	276
5.3.1.	Класифікація амінокислот.....	277
5.3.2.	Номенклатура і ізомерія.....	277
5.3.3.	Фізико-хімічні властивості.....	279
5.3.4.	Способи добування.....	282
5.3.5.	Застосування амінокислот.....	283
5.4.	Білки	287
5.4.1.	Коротка історична довідка.....	287
5.4.2.	Класифікація білків.....	288
5.4.3.	Склад і будова білків.....	289
5.5.	Властивості та функції білків	294

5.5.1.	Фізико-хімічні властивості.....	294
5.5.2.	Перетворення білків в організмі.....	297
5.5.3.	Функції білків.....	297
5.5.4.	Успіхи у вивченні і синтезі білків.....	299
5.6.	Нуклеїнові кислоти	302
5.6.1.	Нітрогеновмісні гетероциклічні сполуки.....	302
5.6.2.	Склад нуклеїнових кислот.....	303
5.6.3.	Структура і функції ДНК.....	305
5.6.4.	Структура і функції РНК.....	308
5.6.5.	Біологічна роль нуклеїнових кислот.....	310

РОЗДІЛ VI. СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ..... 312

6.1.	Загальна характеристика ВМС	312
6.1.1.	Класифікація ВМС.....	312
6.1.2.	Властивості полімерів.....	314
6.1.3.	Синтез ВМС.....	316
6.2.	Пластмаси	319
6.2.1.	Загальна характеристика.....	319
6.2.2.	Склад пластмас.....	320
6.2.3.	Види пластмас.....	320
6.3.	Синтетичні каучуки	329
6.3.1.	Історична довідка.....	329
6.3.2.	Синтетичні каучуки, їх класифікація і використання.....	330
6.3.3.	Види синтетичних каучуків.....	333
6.4.	Синтетичні волокна	336
6.4.1.	Загальна характеристика волокон.....	336
6.4.2.	Види синтетичних волокон.....	336

РОЗДІЛ VII. РОЛЬ ХІМІЇ В ЖИТТІ СУСПІЛЬСТВА..... 342

7.1.	Хімія і сучасне матеріальне виробництво	324
7.1.1.	Значення хімії у створенні нових матеріалів і речовин.....	342
7.1.2.	Біотехнології. Генна і клітинна інженерія.....	345
7.1.3.	Нанотехнології.....	347
7.2.	Хімія і господарські проблеми	349
7.2.1.	Значення хімії у розв'язанні сировинної проблеми.....	349
7.2.2.	Значення хімії у розв'язанні енергетичної проблеми.....	350
7.3.	Хімія і господарські проблеми (продовження)	355
7.3.1.	Хімія і продовольча проблема.....	355
7.3.2.	Роль хімії у розв'язанні екологічних проблем.....	356

7.4.	<i>Хімія і побут</i>	360
7.4.1.	Хімія у побуті.....	360
7.4.2.	Правила поводження з побутовими хімікатами.....	361
7.5.	<i>Хімія і здоров'я людини</i>	362
7.5.1.	Хімія і стан здоров'я людини.....	362
7.5.2.	Вплив шкідливих звичок на здоров'я людини.....	362
7.5.3.	Місце хімії серед наук про природу, її значення для розуміння наукової картини світу.....	364

ПЕРЕДМОВА

Посібник «Хімія, частина II» складений за академічним рівнем відповідно до навчальних програм, за якими передбачено поглиблене вивчення курсу органічної хімії, та розрахований на студентів ВНЗ I-II рівнів акредитації.

Матеріал посібника викладений систематично згідно з чинною навчальною програмою МОН України і поділений на взаємно пов'язані частини у такій послідовності: «Теоретичні основи органічної хімії», «Вуглеводні», «Природні джерела вуглеводнів», «Оксигеновмісні органічні сполуки», «Нітрогеновмісні органічні сполуки», «Синтетичні високомолекулярні сполуки», «Роль хімії у житті суспільства».

Опрацьовуючи програмний матеріал посібника, ми намагались врахувати не тільки свій багаторічний досвід викладання дисципліни у групах студентів і учнів з поглибленим вивченням хімії, але й найновіші доробки вітчизняних і зарубіжних фахівців.

Кожен розділ містить теоретичний матеріал, який дає загальнонаукову основу навчальної дисципліни. У процесі викладу збережено стиль, логічність і доступність як і у посібнику «Хімія, частина I».

В усіх розділах наголошуємо на внутрішньопредметні і між-предметні зв'язки, особливо з дисциплінами природничого циклу.

Хімічний експеримент (лабораторні досліді, практичні роботи) виокремлений кольоровими вставками.

У рубриці «Чи відомо вам, що...» подані короткі історичні довідки, а також цікава інформація, яка дозволяє задовільнити навчально-пізнавальний інтерес до вивчення органічної хімії.

Висвітлення кожного параграфа завершується переліком завдань для самоконтролю знань.

Ілюстративний матеріал посібника (рисунок, таблиці, схеми, кольорові виділення якісних реакцій та правил техніки безпеки) сприяє ефективному засвоєнню навчальних досягнень.

Вважаємо, що підготовлений нами навчальний посібник стане вам у пригоді для поглибленого вивчення органічної хімії.

Автори

ВСТУП

Предмет органічної хімії

Органічна хімія – наука, що вивчає численні сполуки Карбону (як природні, так і отримані за допомогою реакцій органічного синтезу).

Винятком є сполуки, які вивчаються в курсі неорганічної хімії, – оксиди карбону (II, IV), карбонатна кислота, карбонати.

Термін «*органічна хімія*» не зовсім точний, бо зберігся з того періоду, коли хімічні речовини, залежно від джерел отримання, поділяли на три групи: *неорганічні* (мінеральні), *рослинні* і *тваринні*. Перші, як правило, отримували з мінералів, другі і треті – з рослинних і тваринних організмів. Проте, вже на початку XIX ст. стало відомо все більше і більше речовин, які були спільними для рослин і тварин: жири, білки, деякі вуглеводи та карбонові кислоти. Межа між хімією рослин і тварин поступово зникала.



Єнс Якоб Берцеліус
(1779-1848)

шведський хімік

Розвинув уявлення про атом і електронну спорідненість, запропонувавши першу концепцію хімічної взаємодії «електронну теорію». Відкрив Церій, Селен, Торій, отримав Титан, Тантал, Цирконій. Визначив масу 46 відомих на той час хімічних елементів. Ввів терміни: «органічна хімія», «алотропія», «ізомерія».

1808 р. видатний шведський хімік Й. Я. Берцеліус запропонував називати речовини, виділені з організмів, – *органічними*, а галузь хімічної науки, що їх вивчає, – *органічною хімією*.

Виділення органічної хімії в самостійну науку обумовлено низкою причин:

По-перше, величезною кількістю органічних сполук (станом на 2015 р. їх кількість перевищила 20 млн, мінеральних – менше 500 тис.).

По-друге, ряд органічних речовин (вуглеводи, ліпіди, білки, нуклеїнові кислоти) є не тільки головними складовими продуктами харчування людини і тварин, але й складають основу існування живої матерії.

По-третє, органічні речовини слугують сировиною для хімічної, легкої, харчової, фармацевтичної, оборонної та інших галузей промисловості.

Крім того, для органічних речовин характерні властивості, які відрізняють їх від мінеральних.

Більшість з них горять або розкладаються при нагріванні.

Вони нестійкі до дії концентрованих лугів і мінеральних кислот. Велика частина органічних речовин мають високу молекулярну масу, а це накладає відбиток на їх фізико-хімічні властивості.

Переважає більшість хімічних реакцій, у яких беруть участь органічні речовини, протікають повільніше, ніж йонні реакції, оскільки більшість атомів в молекулах органічних речовин зв'язана між собою міцними ковалентними зв'язками.

Серед інших елементів, що входять до складу органічних сполук, – *Гідроген, Оксиген, Нітроген, Кальцій, Калій, Натрій, Ферум, Магній, Сульфур, Фосфор, галогени*. Перші три з них, поряд з *Карбоном*, називають *органогенними елементами*, бо їх сумарна частка становить 98% маси живих організмів.

Розвиток органічної хімії як науки

Оцет, етиловий спирт, рослинні олії, тваринні жири, тростинний цукор, різноманітні барвники були відомі людині давно.

Сечовину, діетиловий етер, метиловий спирт алхіміки добули ще у середні віки. Проте, початком наукової органічної хімії необхідно вважати кінець XVIII ст. – початок XIX ст. В цей період добуто ряд органічних кислот, в тому числі *щавлеву, яблучну* і інші. З природного газу виділено і описано властивості *метану, етану, пропану, бутану*;

встановлено молекулярні формули *гліцеролу, вищих жирних кислот, сахарози, крохмалю*.



**Фрідріх Велер
(1800-1882)**

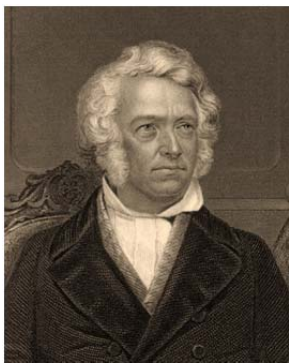
німецький хімік

Вперше синтезував щавлеву кислоту і сечовину. Запропонував способи добування Кальцію, Фосфору, Титану, Ванадію, Ніобію. Вивчав властивості цих елементів. Був одним з творців «теорії радикалів».

У 1827 р. Й. Берцеліус видає перший в світі підручник з органічної хімії, у якому наведені дані про будову і властивості понад 100 відомих на той час органічних сполук.

Теоретичною основою для органічної хімії став віталізм (лат. *vitalis* – життєвий) – ідеалістична течія в біології, яка визнавала наявність у живому нематеріальної надприродної «життєвої сили», що здатна керувати життєвими явищами і під впливом якої синтезуються органічні сполуки.

Й. Я. Берцеліус, Ж. Л. Гей-Люссак, Ш. Ф. Жираф та інші класики хімічної науки щиро вірили в те, що органічні речовини не можна отримати штучно.



**Леопольд Гмелін
(1788-1853)**

німецький хімік

Автор довідникового видання «Руководство по теоретической химии», в якому запропонував таблицю «еквівалентних мас елементів», добув червону кров'яну сіль, глікохолову кислоту, фермент панкреотін тощо.

Твердження про неможливість синтезувати органічні речовини з неорганічних стримало, але не могло спинити процес пізнання природи.

У період з 1824 по 1828 роки німецький хімік Ф. Велер добув з неорганічних речовин шавлеву кислоту і сечовину.

У 1845 р. німецький учений А. Кольбе з деревного вугілля, Сульфору, Хлору та води добув оцтову кислоту.

У 1851 р. французький хімік М. Бертло синтезував жири.

У 1861 р. російський хімік О. М. Бутлеров уперше в світі добуває цукристі речовини.

Поступово в органічній хімії утверджується матеріалістичний світогляд. Віталізм як хибне і антинаукове вчення, поступається справжнім науковим поглядам і теоріям.

Уже в 30-х рр. XIX ст. на підставі багатого фактичного матеріалу стало зрозуміло, що для органічної хімії треба шукати нове визначення. Саме тоді німецький хімік Л. Гмелін дав визначення органічної хімії як хімії сполук Карбону, прийняте у наш час.

Значення органічної хімії

За роки існування органічної хімії як науки було синтезовано мільйони органічних речовин, багато з яких використовують в народному господарстві, медицині, побуті.

Ступінь розвитку органічної хімії призвів до створення ряду нових галузей промисловості – полімерів, синтетичних каучуків, штучних та синтетичних волокон, різноманітних барвників, штучного рідкого палива, отрутохімікатів тощо.

Досягнення органічної хімії дозволили більш раціонально використовувати природні енергоносії: природний газ, нафту, кам'яне і буре вугілля, горючі сланці та іншу сировину.

Без основ органічної хімії не може обійтись машино- і літакобудування, транспорт і електротехніка, оборонна, легка і харчова промисловості.

Впровадження досягнень органічної хімії в біологію сприяли розшифруванню структури молекул ДНК і РНК, багатьох білків, гормонів, вітамінів.

На стику органічної хімії, біології та мікробіології виникла нова наука – біотехнологія, яка дозволяє налагодити виробництво кормових та імунних білків, амінокислот, гормональних препаратів тощо.

Органічна хімія являється теоретичною основою більшості фундаментальних і прикладних наук.

РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

1.1. ТЕОРІЯ ХІМІЧНОЇ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

1.1.1. Передумови створення теорії будови

Перша половина XIX ст. відзначається неухильним зростанням кількості міського населення у багатьох регіонах планети, бурхливим розвитком різних галузей промисловості та сільського господарства, потребою вдосконалення способів переробки сировини, зростанням запитів на лікарські засоби тощо.



**Едуард Франклэнд
(1825-1899)**

англійський хімік

Основоположник теорії валентності і органічної хімії. Працював над проблемами очистки води. Разом з П. Жансеном являється першовідкривачем ліній Гелію у спектрі Сонця.

Це не могло не вплинути на стан і темпи розвитку досліджень з органічної хімії. Потрібна була фундаментальна теорія, яка повинна розшифрувати будову відомих на той час органічних сполук, накреслити шляхи подальшого розвитку цієї науки.

Не було відповіді на питання: чому у природі органічних речовин набагато більше, ніж неорганічних; чому два елементи – Карбон і Гідроген утворюють так багато сполук; чому сполук Карбону у 40 разів більше, ніж сполук інших елементів разом узятих; чому деякі сполуки мають однаковий хімічний склад (етанол і диметиловий етер – C_2H_6O , глюкоза і фруктоза – $C_6H_{12}O_6$ тощо), але різні фізико-хімічні властивості?

Поступово накопичується матеріал для такої теорії. Е. Франклэнд (1852) вводить поняття «валентності».

А. Кекуле (1857) встановлює чотиривалентність Карбону і утворення ним ланцюгів і циклів.

А. Купер (1858) вводить позначення хімічних зв'язків у молекулах органічних речовин рисками і графічне позначення формул.

Визначається ізомерія органічних сполук, відкрита дещо раніше Й. Берцеліусом на основі досліджень Ю. Лібіха і Ф. Велера.

Отже, до 60 рр. XIX ст. в органічній хімії накопичився значний фактичний матеріал. Було відомо кілька десятків тисяч органічних речовин, встановлені, у більшості випадків, їх молекулярні форми.



Проте, не було єдиної стрункої теорії, спроможної систематизувати те, що вже відомо і передбачити нові факти, явища.

**Фрідріх Август Кекуле
(1829-1896)**

німецький хімік

Творець теорії валентності. Його вчення про з'єднання атомів Карбону у ланцюги з утворенням молекул лягло в основу теорії хімічної будови О. М. Бутлерова.

Учений запропонував циклічну структуру бензену.

Чи відомо вам, що...

Навіть Ф. Велер, працями якого розпочався новий етап у розвитку органічної хімії, розгублено писав своєму вчителю Й. Берцеліусу (1835): «Саме тепер органічна хімія може будь-кого звести з розуму. Вона нагадує мені дрімучий ліс, сповнений дивних речей, безмежну хащу, з якої не можна вибратися, куди не наслідуюсь проникнути».

1.1.2. Теорія хімічної будови

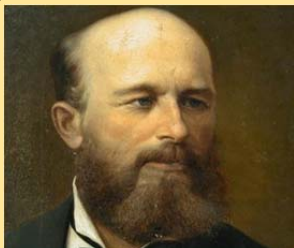
Цілісну теорію хімічної будови органічних речовин створив видатний російський учений О. М. Бутлеров. Ця теорія заклала наукові основи органічної хімії та пояснила її основні закономірності. Головні принципи своєї теорії О. М. Бутлеров виклав у доповіді «Про теорію хімічної будови» на Міжнародному з'їзді природодослідників та лікарів у Шпаєрі (Німеччина) 19 вересня 1861 р.

Головні положення й наслідки теорії хімічної будови органічних речовин О. М. Бутлерова коротко можна сформулювати так:

- Атоми в молекулах розміщені не безладно, а сполучені у певній послідовності, згідно з їх валентністю; порядок сполучення атомів у молекулах називають *хімічною будовою*.
- Властивості речовин залежать не лише від того, які атоми і в якій кількості входять до складу молекули, а й від того, в якому порядку вони сполучені між собою, тобто від хімічної будови молекули.
- За властивостями даної речовини можна визначити їх будову, а за будовою молекули завбачити властивості.
- Атоми або групи атомів, що входять до складу молекули, впливають один на одного, від цього залежить реакційна здатність молекули.

Чи відомо вам, що...

Олександр Михайлович Бутлеров народився 15.09.1828 р. у місті Чистопіль Казанської губернії (Росія). У 1884 р. поступив, а у 1849 р. закінчив природничо-наукове відділення фізико-математичного факультету Казанського університету, де і залишився працювати викладачем.



О. М. Бутлеров
(1828-1886)
російський хімік

У 1851 р. О. М. Бутлеров захистив магістерську дисертацію «Про окиснення органічних сполук», а у 1854 р. – докторську дисертацію «Про ефірні олії». З 1869 р. О. М. Бутлеров – професор кафедри органічної хімії Петербурзького університету. Наукова діяльність ученого була спрямована на створення і утвердження теорії хімічної будови органічних сполук.

У 1864-1866 роках О. М. Бутлеров опублікував підручник «Вступ до повного вивчення органічної хімії», у якому теорія хімічної будови була вперше поширена на усі класи органічних сполук».

За цією теорією властивості сполук залежать від кількісного і якісного складу атомів, що входять до складу молекули, від послідовності і характеру їхнього зв'язку та взаємного впливу. Теорія О. М. Бутлерова пояснила явище ізомерії, дала можливість визначити будову органічних речовин і передбачити нові класи органічних сполук. О. М. Бутлеров добув полімер формальдегіду (1859), синтезував уротропін (1860) та цукристу речовину (1861). Деяко пізніше учений добув ізобутилен і відкрив реакцію його полімеризації.

У 1864-1866 роках О. М. Бутлеров опублікував підручник «Вступ до повного вивчення органічної хімії», у якому теорія хімічної будови була вперше поширена на усі класи органічних сполук».

Які ж висновки випливають з запропонованої О. М. Бутлеровим теорії будови органічних речовин?

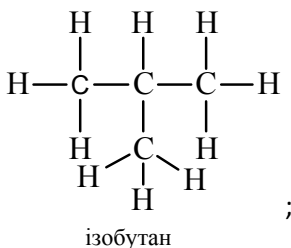
Висновок I: В основу теорії хімічної будови органічних речовин покладено ідею постійної валентності хімічних елементів. Так, Карбон, як правило, – чотиривалентний, Гідроген – одно-, Оксиген – двовалентний, Нітроген – три- і п'ятивалентний, галогени – одновалентні.

Висновок II: Атоми Карбону у молекулі органічних речовин з'єднуються між собою за допомогою валентностей у ланцюги і цикли:

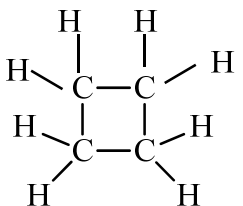
а) прямі ланцюги



б) розгалужені ланцюги

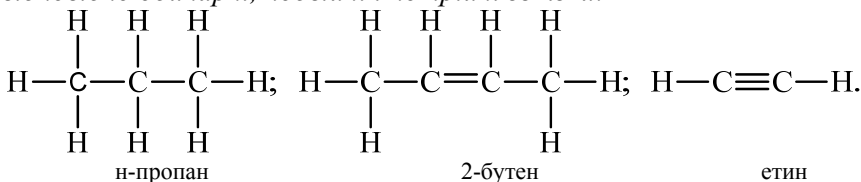


в) *цикли*

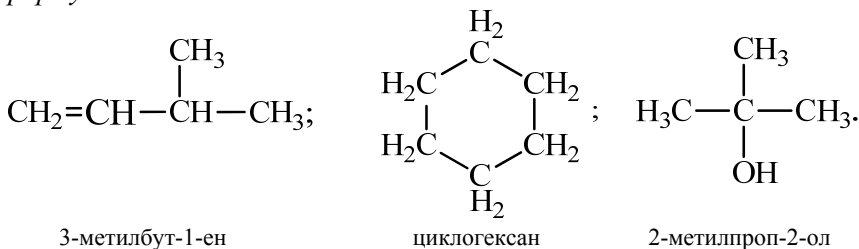


циклобутан

Висновок III: Два сусідні атоми Карбону для зв'язку між собою здатні витратити по одній, дві і три валентності, утворюючи відповідно одинарні, подвійні і потрійні зв'язки:



Висновок IV: Кожна органічна речовина має єдину структурну формулу, яка відбиває внутрішню будову її молекул, фізичні і хімічні властивості (див. формули речовин із висновків II і III). Знаючи хімічну будову органічної речовини, можна передбачити її хімічні властивості, і навпаки. Користуються також напівструктурними формулами:

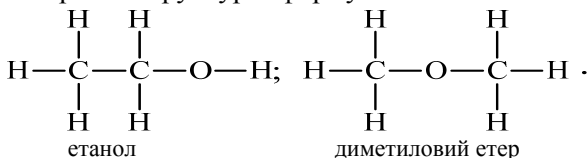


1.1.3. Ізомерія

В курсі хімії основної школи ви коротко знайомились з ізомерами та ізомерією як явищем.

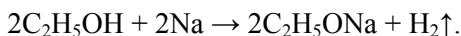
Нагадаємо, **ізомерами називають речовини, які мають однаковий склад і молекулярну масу, але різну будову молекул і, як наслідок, різні фізико-хімічні властивості.**

Повернемось до вищезгаданого етилового спирту і диметилового етеру. Їхній хімічний склад виражається однією емпіричною формулою – C_2H_6O . Проте, властивості у цих речовин різні: етанол – рідина з температурою кипіння $78,3^\circ C$, а диметиловий етер – газувата речовина, що зріджується при $-23,6^\circ C$. Ці речовини – міжкласові ізомери. Їх структурні формули мають такий вигляд:



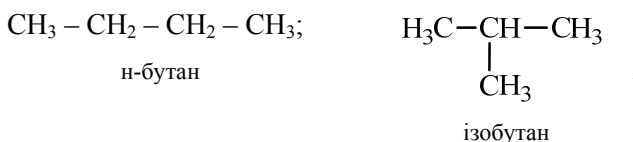
У молекулі диметилового етеру усі атоми Гідрогену безпосередньо сполучені з атомами Карбону ковалентними слабо вираженими полярними зв'язками. У молекулі етанолу один атом Гідрогену сполучений з Карбоном через Оксиген різкіше вираженим ковалентним полярним зв'язком. Цей атом більш рухливий і легше заміщується.

Прикладом слугує відношення цих речовин до металевго натрію. Етанол взаємодіє з натрієм за рівнянням:



Диметиловий етер з металевим натрієм не вступає у хімічну взаємодію.

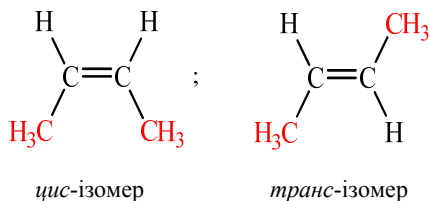
Зі збільшенням відносної молекулярної маси вуглеводнів число їх ізомерів різко зростає. Так, наприклад, бутан C_4H_{10} має 2 ізомери:



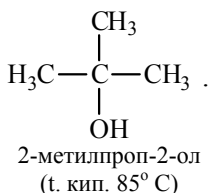
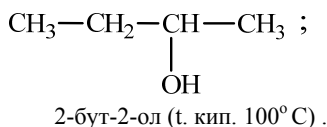
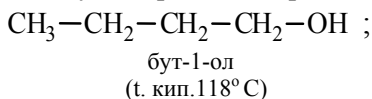
пентан C_5H_{12} – 3, гексан C_6H_{14} – 5, декан $C_{10}H_{22}$ – 75, а вуглеводень пентадекан $C_{15}H_{32}$ – 4347 ізомерів.

➤ **Напишіть усі можливі ізомери для пентану і гексану, дайте їм назву за міжнародною номенклатурою.**

Розглянутий вид ізомерії називається *структурною* ізомерією. Крім структурної, можлива так звана *просторова* ізомерія, яка виникає внаслідок різного розташування у просторі метильних груп атомів CH_3 навколо подвійного зв'язку у плоских молекулах вуглеводів:



Ще іншим видом є ізомерія *положення функціональної групи* у молекулах органічних речовин:



Явище ізомерії – один з чинників, який розкриває причину чисельності сполук Карбону.

1.1.4. Розвиток і значення теорії хімічної будови

З розвитком органічної хімії основні положення теорії хімічної будови органічних речовин творчо розвивались вченими багатьох країн світу.

У 70-ті роки XIX ст. Я. Г. Вант-Гофф і Ж. А. Ле Бель незалежно один від одного сформулювали теорію просторового розміщення атомів у молекулах органічних речовин, яка стала основою сучасної стереохімії.

Відповідно до цієї теорії чотири атоми Гідрогену чи радикали, сполучені з атомом Карбону, розміщені не в одній площині, а у просторі по кутах тетраедра. Так, наприклад, у молекулі метану CH_4 атом Карбону розміщений в центрі

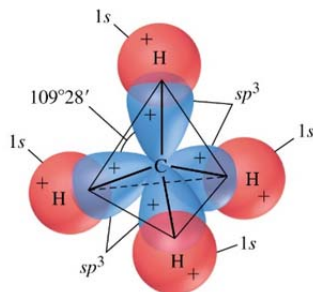
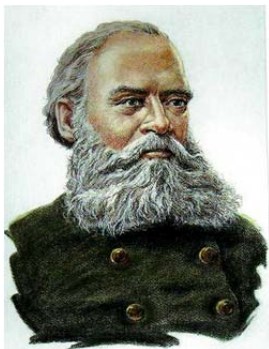


Рис. 1. Тетраедрична модель молекули метану

тетраедра, в якому до вершин кутів, де знаходяться атоми Гідрогену, направлені чотири гібридні електронні хмарини під кутом $109^{\circ}28'$.

Основні закономірності взаємного впливу атомів у молекулі розроблені учнем О. М. Бутлерова В. В. Марковниковим.



**Володимир Васильович Марковников
(1838-1904)**

російський хімік

Доповнив теорію хімічної будови положеннями про взаємовплив атомів у молекулі, відкрив закономірність приєднання речовин до алкенів, досліджував склад нафти, відкрив циклопарафіни.

Пояснимо цей вплив на прикладі таких сполук: NaOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ та $\text{HO}-\text{NO}_2$ (нітратна кислота).

Усі вони містять гідроксогрупу OH . Проте, у водному розчині властивості речовин послідовно змінюються: NaOH – сильна основа, $\text{Al}(\text{OH})_3$ – амфотерний гідроксид, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – практично нейтральна речовина, нітратна кислота утворює катіон H^+ . Причина різного характеру групи OH зумовлена впливом сполучених з нею атомів і груп. Зі зростанням неметалічних властивостей центрального атома (Na , Al , C_2H_5 , NO_2) послаблюється дисоціація за типом основи і зростає за типом кислоти.

Теорія хімічної будови О. М. Бутлерова є теоретичним фундаментом в органічній хімії. Вона дає змогу систематизувати величезний практичний матеріал, передбачити існування нових речовин, вказати шляхи їх добування. І у наш час теорія хімічної будови є керівною основою досліджень в органічній хімії.



Завдання для самоконтролю

1. Чому органічну хімію виділили в окремий розділ хімії?
2. Які основні положення теорії хімічної будови органічних речовин О. М. Бутлерова?
3. Які протиріччя виникли при виявленні валентності Карбону у молекулах етану C_2H_6 і пропану C_3H_8 ? Як ці протиріччя усунула теорія хімічної будови О. М. Бутлерова?
4. Дайте визначення і поясніть на прикладах, що таке ізомерія?
5. Назвіть спільні і відмінні ознаки ізомерів.

6. До якого типу ізомерії належать:
 - а) 2-метилбутан і 2,2-диметилпропан;
 - б) етанол і диметилловий етер.
7. Який найпростіший вуглеводень має *цис*- і *транс*-ізомери?
8. Наведіть приклади, які підтверджують, що у молекулах відбувається взаємний вплив атомів чи груп атомів.
9. Охарактеризуйте наукове і практичне значення теорії будови О. М. Бутлерова.

1.2. ПРИРОДА ХІМІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ В ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИНАХ

1.2.1. Види хімічних зв'язків в органічних сполуках

З чотирьох відомих у хімії зв'язків в органічних сполуках трапляються три – *йонний, ковалентний і внутрішньо- та міжмолекулярний водневий*. Проте, найпоширенішим є ковалентний зв'язок.

Вчення про типи хімічного зв'язку нами детально висвітлено у навчальному посібнику «Хімія, частина 1» для ВНЗ I-II рівнів акредитації (Рівне, 2015) у розділі 1.4.

Ковалентним називається зв'язок, що здійснюється однією або декількома спільними електронними парами.

За положенням електронних пар між атомами, що входять до складу молекули, ковалентний зв'язок може бути *неполярним* (C – C) і *полярним* (C – H).

За конфігурацією електронних хмар у просторі – σ (сигма) і π (пі). Їх ми розглянемо нижче.

Коротко нагадаємо, що характерними властивостями ковалентного зв'язку є його *довжина, кратність, енергія, насичуваність і просторова напрямленість*.

Довжина зв'язку – це відстань між центрами атомів, що входять до складу молекули.

Хімічний зв'язок тим міцніший, чим меншою є його довжина. Вона вимірюється в нм (10^{-9} м).

Кратність ковалентного зв'язку визначається кількістю спільних електронних пар між атомами.

Атом Карбону, будучи чотиривалентним в органічних сполуках, може утворювати прості, один або два подвійні і потрійні зв'язки.

Енергія зв'язку – визначається кількістю енергії, необхідної для розриву зв'язку.

Вона вимірюється у кілоджоулях, віднесених до 1 моль речовини (кДж/моль).

Під **насичуваністю зв'язку** розуміють здатність атомів утворювати обмежену кількість валентних зв'язків. Внаслідок насичуваності зв'язків молекули мають певний склад.

Напряменість зв'язку зумовлює просторову структуру молекул, тобто їх форму.

Молекули органічних сполук можуть мати лінійну, кутову, пірамідальну і інші форми.

➤ *Поміркуйте і дайте відповіді, яку конфігурацію у просторі мають молекули води H_2O , етину $C\equiv C$, метану CH_4 , амоніаку NH_3 , етену C_2H_4 ? Відповідь обґрунтуйте.*

Йонним називається зв'язок, який виникає при електростатичній взаємодії протилежно заряджених йонів.

➤ *Назвіть формули неорганічних сполук з йонним типом хімічного зв'язку, які належать до основних і амфотерних оксидів, основ і солей. Назвіть катіони і аніони, що входять у їх склад.*

Йонний зв'язок слід вважати граничним випадком ковалентного полярного зв'язку, коли спільні електронні пари значно зміщуються до атомів з більшою електронегативністю.

До органічних сполук з йонним типом хімічного зв'язку належать, як правило, солі карбонових кислот, наприклад: кальцій етаноат (кальцій ацетат) $(CH_3 - COO)_2Ca$, натрій метаноат (натрій форміат) $HCOONa$, амоній етаноат (амоній ацетат) CH_3COONH_3 тощо.

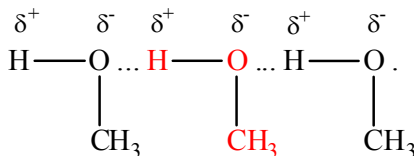
Проте за чисельністю вони значно поступаються перед сполуками з ковалентним зв'язком.

Водневим називають зв'язок між атомами Гідрогену та найбільш електронегативними атомами – Оксигену, Нітрогену, Флуору, Сульфуру.

Водневий зв'язок встановлюється через малі розміри атома Гідрогену та його здатністю глибоко проникати в електронну оболонку інших атомів.

Водневий зв'язок може бути міжмолекулярним та внутрішньомолекулярним.

У першому випадку, Гідроген зв'язує два атоми, які належать різним молекулам, наприклад:



У другому випадку, обидва атоми, які утворюють зв'язок з Гідроеном, належать одній і тій самій молекулі. У молекулі білка, наприклад, зв'язки виникають між атомами Гідроену NH- групи одного витка спіралі та Оксигену CO – групи іншого витка спіралі.

Завдяки водневим, а також сольовим ($-\text{NH}_2 \cdots \text{HCOO}-$) та дисульфідним ($-\text{S}-\text{S}-$) зв'язкам, молекула білка набуває вторинну і третинну структуру. Незважаючи на незначну міцність (водневий зв'язок майже у 10 разів слабший від ковалентного), цей зв'язок істотно впливає на будову і фізико-хімічні властивості сполук.

З водневим зв'язком пов'язані процеси розчинення, кристалізації, гідролізу, утворення гідратів тощо. Він відіграє важливу роль у процесах життєдіяльності організмів.

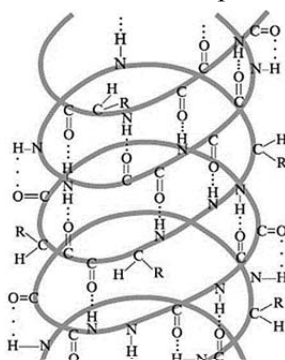
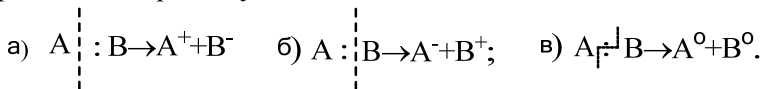


Рис. 2. Вторинна структура білкових молекул

1.2.2. Типи розриву ковалентного зв'язку

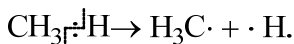
Ковалентний зв'язок двоелектронний. Під час хімічних реакцій, залежно від умов їх проведення, ковалентний зв'язок може розриватись по-різному:



У випадках *а* і *б* хімічний зв'язок розривається *несиметрично*. Відбувається повний перехід валентного електрона від одного атома до іншого. При цьому одна частина стає позитивно зарядженим йоном (*катіоном*), а інша – негативно зарядженим йоном (*аніоном*).

Розрив зв'язку з утворенням заряджених частинок називається гетеролітичним.

У випадку *в* під час розриву зв'язку роз'єднується електронна пара (симетричний розрив зв'язку). Внаслідок цього молекула розпадається на нейтральні частинки, у кожної з яких залишається по одному неспареному електрону:



Частинки, що містять неспарені електрони, називаються вільними радикалами.¹

Реакції, які проходять з утворенням вільних радикалів, називаються **радикальними**, а розрив хімічного зв'язку таким способом – **гомолітичним**.

1.2.3. Будова і валентні стани атома Карбону

Атом Карбону – елемент другого періоду періодичної системи Д. І. Менделєєва. Електронна формула його атома $1s^2 2s^2 2p^2$. На другому енергетичному рівні атома, де перебувають чотиривалентні електрони, є два підрівні і чотири орбіталі: з них одна *s*-орбіталь і три *2p*- орбіталі, які у просторі розташовані під кутом 90°.

В основному стані атом Карбону має неподільну електронну пару на *2s*-орбіталі і два неспарених електрони на *2p*-орбіталах (*x*- і *y*- орбіталах). У випадку поглинання ним певної кількості енергії один електрон з *2s*- орбіталі переходить на вільну *z*-орбіталь *p*-підрівня другого енергетичного рівня:



При цьому чотири його орбіталі зовнішнього енергетичного рівня мають по одному електрону і можуть утворювати ковалентні хімічні зв'язки. Такий енергетичний стан атома Карбону називається **збудженим**.

Чотири замісники можуть розміститися навколо атома Карбону тільки на вершинах тетраедра під кутом 109°28' (див. рис. 1). У цьому разі вони будуть віддалені один від одного на однакові відстані, а

¹ **Радикали** ($\text{CH}_3\text{—}$; $\text{C}_2\text{H}_5\text{—}$; $\text{C}_3\text{H}_7\text{—}$), а також нейтральні функціональні групи, характерні для різних класів органічних сполук (—OH ; —NO_2 ; —CHO ; —COOH) у подальшому називатимемо **замісниками**.

їх сили взаємного відштовхування зрівноважуються. Таким чином відбудеться поява нових орбіталей. Їх називають *гібридними* орбіталями, а процес утворення – *гібридизацією*. Гібридні орбіталі мають форму об'ємної несиметричної вісімки, вигнутої в один бік від ядра (рис. 3).

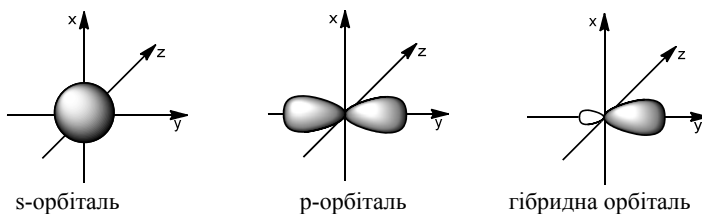


Рис. 3. Види орбіталей атома Карбону

При утворенні гібридних орбіталей відбувається процес вирівнювання електронів за енергією, а їхніх орбіталей – за формою і розміщенням у просторі.

Чи відомо вам, що...

Гібридизована форма орбіталей сприяє кращій взаємодії з електронними орбіталями інших атомів, ніж взаємодія «чистих» негібридизованих 2s- і 2p-орбіталей.

Залежно від того, скільки *p*-орбіталей вступає в гібридизацію з *s*-орбіталлю, розрізняють sp^3 -, sp^2 -, sp - гібридні стани атома Карбону.

У насичених вуглеводнях кожен атом Карбону утворює 4 хімічні зв'язки. При цьому він перебуває у стані sp^3 -гібридизації. Цей стан називають *першим валентним станом* атома Карбону (рис. 4).

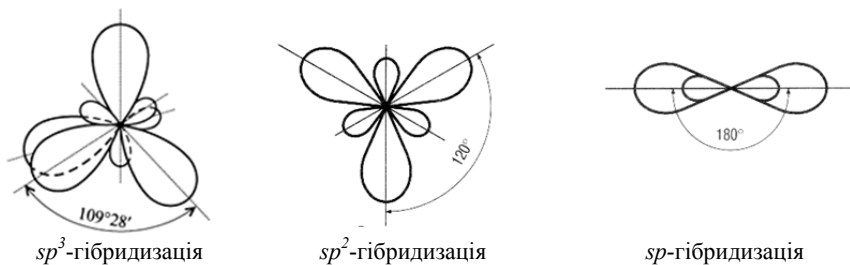


Рис. 4. Типи гібридизації атома Карбону

Крім першого валентного стану атома Карбону, існує ще два валентні стани. Зокрема при *другому валентному стані* атома Карбону відбувається sp^2 -гібридизація, в якій беруть участь одна s - і дві p -орбіталі. Вони розміщені в одній площині і направлені одна до одної під кутом 120° . При цьому одна електронна p -орбіталь зберігає форму правильної вісімки, є негібридною і розміщена перпендикулярно до площини, в якій розміщені три sp^2 -гібридні орбіталі.

В sp -гібридизації (*третій валентний стан*) атома Карбону беруть участь одна s - і одна p -орбіталь. Такі орбіталі розміщуються під кутом 180° одна від одної і спрямовані у протилежні від ядра атома боки. Дві інші p -орбіталі зберігають форму правильних вісімок і розміщуються взаємоперпендикулярно.

У сполуках, де атом Карбону перебуває у стані sp^2 - і sp -гібридизації, він утворює подвійні і потрійні зв'язки відповідно.

1.2.4. Електронна будова простих (одинарних) ковалентних зв'язків

Такі зв'язки виникають між атомами унаслідок утворення пари усупільнених електронів, між двома атомами по прямій, яка з'єднує центри атомів, з'являється область найбільшого перекривання. В цій області найбільша густина електронної хмарини. При цьому виникає зв'язок, який називають σ (сигма)-зв'язком. При sp^3 -гібридизації атоми Карбону утворюють чотири σ -зв'язки, при sp^2 – три і sp -гібридизації – два σ -зв'язки.

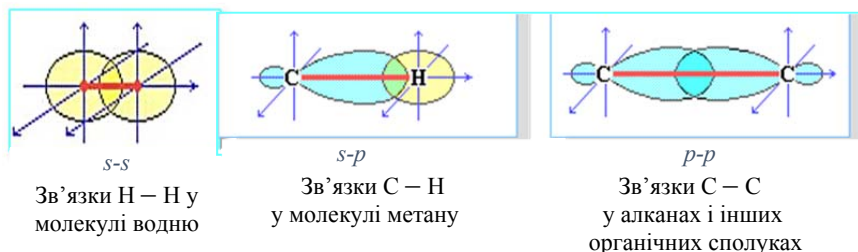


Рис. 5. Схема утворення σ -зв'язків

Відомо декілька різновидностей σ -зв'язків. На рис. 5 показано схеми електронної будови σ -зв'язків окремих простих сполук. Так, у молекулі водню такий зв'язок виникає унаслідок перекривання двох

сферичних електронних орбіталей атомів Гідрогену ($H : H$ або $H - H$). Утворення зв'язку між атомами Гідрогену і Карбону ($H : C$ або $H - C$) є результатом перекривання сферичної s -орбіталі атома Гідрогену і гібридизованої p -орбіталі одного з валентних електронів атома Карбону. Зв'язок між двома атомами Карбону ($C : C$ або $C - C$) відбувається за рахунок перекривання двох гібридизованих орбіталей його атомів.

Для σ -зв'язків характерні:

- ♦ *велика міцність зв'язку, оскільки електронна густина зосереджена у невеликому просторі між центрами двох атомів;*
- ♦ *мала рухливість електронів, що утворюють зв'язки під дією зовнішніх чинників;*
- ♦ *можливість обертання фрагментів молекули навколо цього зв'язку без його розриву.*

1.2.5. Електронна будова кратних (подвійних і потрійних) зв'язків

Подвійний зв'язок між атомами Карбону здійснюється двома парами електронів ($C :: C$ або $C = C$). Природа кожного з таких зв'язків різна. Так, у молекулі етену (етилену) $H_2C = CH_2$ п'ять σ -зв'язків, з яких чотири виникають між атомами Карбону і Гідрогеном і один між двома атомами Карбону. Ці зв'язки розміщені у одній площині і утворюють кут 120° .

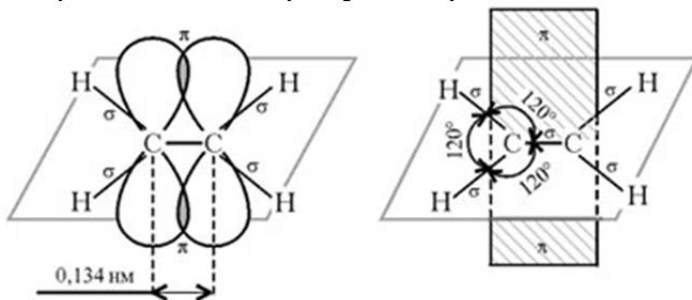


Рис. 6. Схема утворення π -зв'язку у молекулі етену

Другий зв'язок, що сполучає атоми Карбону у молекулі етилену, утворюється електронами p -орбіталі, які не гібридизувались. Орбіталі цих електронів мають форму правильних об'ємних вісімок і

розміщені у площині, перпендикулярній до площини розміщення усіх п'яти σ -зв'язків (див. рис. 6). Це так званий π -зв'язок.

За рахунок подвійного зв'язку у молекулі етену зменшується відстань між атомами Карбону. Вона становить 0,134 нм. Нагадаємо, що у молекулі етану та інших алканів ця відстань – 0,154 нм. Вам вже відомо, що такий стан атома Карбону називають *другим валентним станом*.

Потрійний зв'язок здійснюється трьома парами електронів ($C :: C$ або $C \equiv C$). При цьому стан цих трьох пар є різний. Прикладом найпростішої сполуки, що має потрійний зв'язок, є етин (ацетилен) $H - C \equiv C - H$. В його молекулі три σ -зв'язки. Два з них – між атомами Гідрогену і Карбону ($H - C$), один – між двома атомами Карбону ($C - C$). Молекула ацетилену прямолінійна, поскільки ва-лентні кути $H - C - C$ і $C - C - H$ становлять 180° .

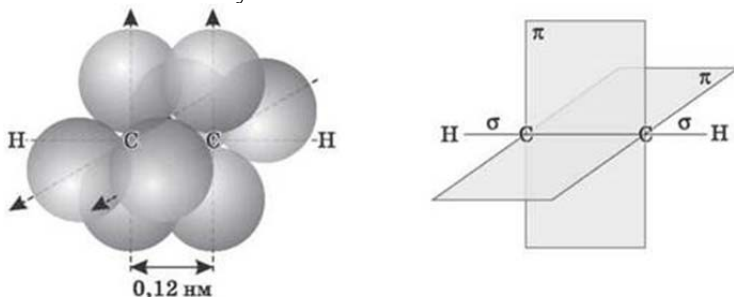


Рис. 7. Схема утворення π -зв'язків у молекулі етину

Два інших зв'язки між атомами Карбону являють собою π -зв'язки. Вони сформовані у двох взаємно перпендикулярних площинах (рис. 7). Потрійний зв'язок у молекулі ацетилену має довжину 120 нм. Такий стан атома Карбону називають *третім валентним станом*.

π -Зв'язки ніколи не бувають самостійними. У молекулі органічних сполук вони існують як додаткові до σ -зв'язків. Для π -зв'язків характерні:

- ♦ *дві ділянки найбільшої електронної густини;*
- ♦ *менша міцність у порівнянні з σ -зв'язками;*
- ♦ *неможливість обертання фрагментів молекул навколо кратного зв'язку.*

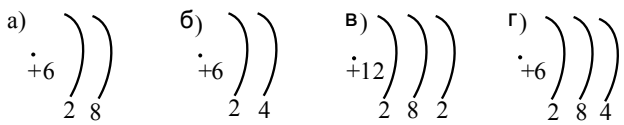


Завдання для самоконтролю

1. Намалюйте схеми будови зовнішніх енергетичних рівнів Карбону, Гідрогену, Оксигену, Нітрогену, Хлору. Що таке *s*- і *p*-електрони?
2. Дайте визначення ковалентного зв'язку.
3. Назвіть відстані між атомами Карбону при простому, подвійному і потрійному зв'язках.
4. Дайте визначення вільним радикалам.
5. Що таке sp^3 -, sp^2 -, sp - гібридизація?
6. Покажіть σ - і π -зв'язки на схемах будови молекул метану, етену і етину.
7. Що таке перший, другий і третій валентні стани атома Карбону? Намалюйте схеми гібридизації *s*- і *p*- станів електронів.
8. Які реакції називаються гомо- і гетеролітичними? Наведіть приклади кожної з цих реакцій.
9. Наведіть схеми йонного і радикального розриву ковалентного зв'язку у молекулах Br_2 ; CH_4 ; HCl .

Тестові завдання

1. Будові атома Карбону відповідає схема:



2. Виберіть тип гібридизації орбіталей атома Карбону у молекулі метану:
а) sp ; б) sp^2 ; в) sp^3 ; г) sp^3d .
3. Виберіть молекулу, яка утворена за рахунок σ_{p-p} зв'язку:
а) H_2 ; б) F_2 ; в) HBr ; г) CH_4 .
4. Виберіть положення, яким відрізняються між собою σ -і π -зв'язки:
а) полярністю зв'язку;
б) числом електронів, які утворюють зв'язок;
в) зміщенням електронної пари до одного з атомів;
г) розташуванням області підвищеної електронної густини.

1.3. ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ

1.3.1. Чисельність органічних речовин

Відомо, що сполук Карбону у 40 разів більше, ніж сполук інших хімічних елементів разом узятих. Це пояснюється здатністю Карбону утворювати найрізноманітніші за структурою молекули. Зупинимось на декількох чинниках, які пояснюють таку різноманітність і чисельність органічних сполук.

а) Явище ізомерії (див. 1.1.3)

Чи відомо вам, що...

Для молекули тетраконтану $C_{40}H_{82}$ можна написати 62 391 178 805 831 ізомерів, що у сотні тисяч перевищує загальне число відомих у наш час органічних сполук.

б) Явище гомології

- *Сполуки, подібні за хімічними властивостями, але відрізняються між собою за складом на групу атомів CH_2 , називаються гомологами.*
- *Гомологи, розташовані у порядку зростання їх відносних молекулярних мас, утворюють гомологічний ряд.*
- *Група атомів CH_2 називається гомологічною різницею.*

Прикладом такого ряду слугує гомологічний ряд насичених вуглеводнів (алканів). Його найпростіший представник – *метан* CH_4 . До гомологічного ряду алканів входять *етан* C_2H_6 , *пропан* C_3H_8 , *бутан* C_4H_{10} і інші. Загальна формула гомологічного ряду алканів C_nH_{2n+2} , де n – число атомів Карбону.

Загальна формула гомологічного ряду *алкенів* – C_nH_{2n} , *алкінів* C_nH_{2n-2} , *аренів* – C_nH_{2n-6} , *одноатомних спиртів* – $C_nH_{2n+1}-OH$, *альдегідів* – $C_nH_{2n+1}-CHO$, *карбонових кислот* – $C_nH_{2n+1}-COOH$.

в) *Існування рядів речовин*, що побудовані з однакової кількості атомів Карбону, але різняться кількістю атомів Гідрогену. Кожен наступний член цього ряду містить на 2 атоми Гідрогену менше, ніж попередній. Наприклад: *етан* C_2H_6 , *етилен* – C_2H_4 , *ацетилен* – C_2H_2 . Якщо до цього додати, що до складу органічних речовин, крім Карбону, Гідрогену і Оксигену, входять атоми Нітрогену, Сульфору,

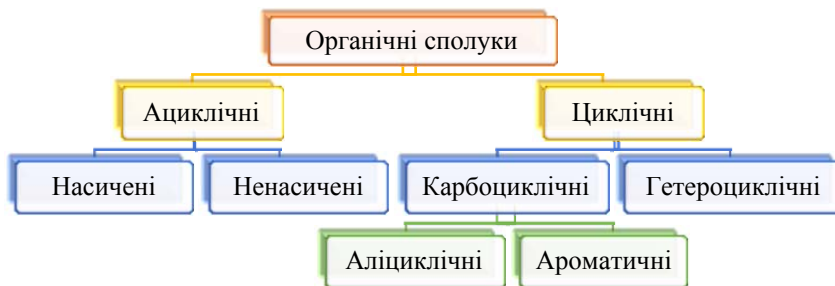
Фосфору, галогенів тощо, то стає зрозуміло, чому органічні сполуки такі численні.

1.3.2. Класифікація органічних речовин

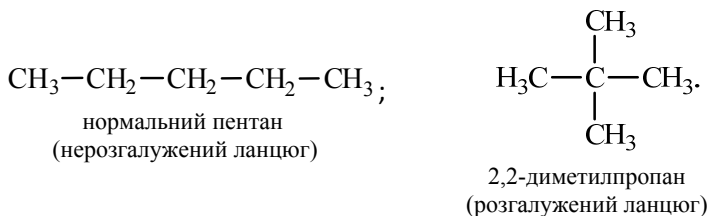
В основу класифікації численних органічних сполук покладено два чинники: *будову карбонового скелета та природу, число і положення функціональних груп.*

Класифікацію органічних сполук за *будовою карбонового скелета* можливо уявити за допомогою такої схеми:

Схема 1



Ациклічними називають сполуки з відкритим карбоновим ланцюгом. Вони можуть бути *нерозгалуженими* і *розгалуженими*:



Залежно від наявності або відсутності кратних (подвійних, потрійних) зв'язків розрізняють *насичені* і *ненасичені* сполуки, наприклад:

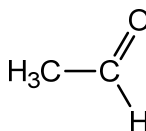
насичені:



пропан ;

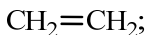


етанол ;



етаналь.

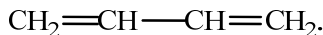
ненасичені:



етен
(етилен)



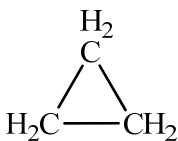
етин
(ацетилен)



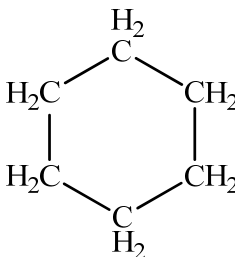
бут-1,3-дієн
(бутадієн)

Циклічними називаються сполуки, молекули яких утворюють замкнені структури. Серед циклічних сполук виділяють *карбоциклічні*, молекули яких містять кільця з атомів Карбону і *гетероциклічні*, кільця яких містять, крім Карбону, атоми інших елементів.

Карбоциклічні сполуки поділяють на *аліциклічні*:

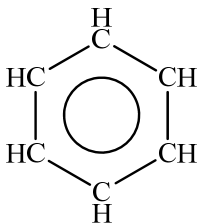


циклопропан;

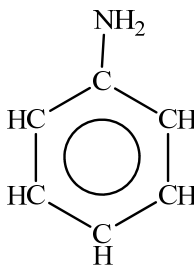


циклогексан .

та **ароматичні:**

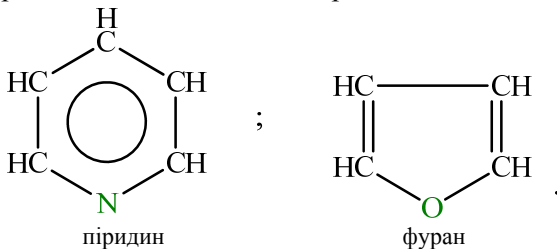


бензен;



анілін.

Кільця гетероциклічних сполук можуть містити Оксиген, Сульфур, Нітроген і інші елементи, наприклад:

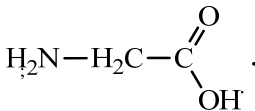
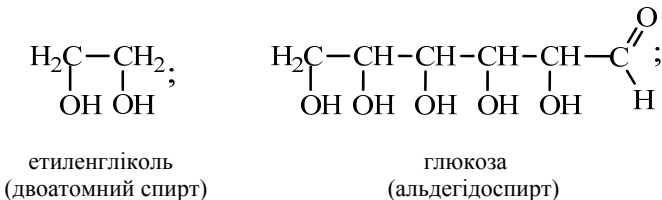


Іншим чинником, який визначає належність сполуки до тієї чи іншої систематичної групи, є наявність у молекулах функціональних груп.

Функціональною групою називають групу атомів, що надає речовині певних хімічних властивостей.

Наявність функціональних груп дає змогу згадані вище типи органічних сполук поділити на класи (див. табл. 1.1).

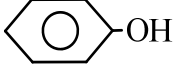

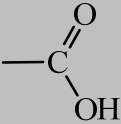
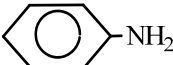
До складу молекул органічних сполук можуть входити одночасно декілька однакових або різних функціональних груп, наприклад:



амінооцтова
кислота

Таблиця 1.1

Класи органічних сполук

Функціональна група	Назва групи	Клас сполук	Приклад
-OH	Гідроксил	Спирти	CH_3OH Метанол
		Феноли	 Фенол
	Карбоніл	Альдегіди	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ Етаналь
	Карбоксил	Карбонові кислоти	$\text{H}_3\text{C}-\text{H}_2\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ Пропанова (пропіонова) кислота
-NO ₂	Нітрогрупа	Нітросполуки	CH_3-NO_2 Нітрометан
-NH ₂	Аміногрупа	Аміни	 Анілін
-F, -Cl, -Br, -I	Галогени	Галогенопохідні	CH_3Cl Хлорметан

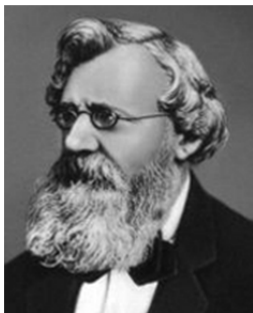
1.3.3. Номенклатура органічних сполук

У наш час для найменування одних і тих же органічних речовин використовують три номенклатури: історичну (тривіальну), раціональну і систематичну (міжнародну).

Тривіальні назви виникли у давні часи на підставі джерела, з якого добуто речовину (яблучна кислота, винний спирт, тростинний цукор тощо).

В основу *раціональної* номенклатури, яка була створена у XIX ст., покладається історична назва найпростішої речовини, типової для даного класу органічних сполук, у молекулі якої один або декілька

атомів Гідрогену заміщені іншим атомом або групами атомів. Наприклад, етан згідно з раціональною номенклатурою називають метилметаном; пропіонову кислоту – метилоцтовою кислотою тощо.



**Август Вільгельм Гофман
(1818-1892)**

німецький хімік

Учень Юстуса фон Лібіха. Учений виділив з кам'яно-вугільної смоли бензен і анілін, добув нітробензен, синтезував окремі анілінові барвники, удосконалив спосіб добування амідів карбонових кислот.

Найбільш точною стала *систематична (міжнародна)* номенклатура, створена *ІЮПАК*¹. Основи номенклатури затверджено за ініціативи німецького хіміка-органіка А. В. Гофмана у 1892 р. на Міжнародному з'їзді хіміків у Женеві (інша назва цієї номенклатури – *Женевська*).

З розвитком органічної хімії ця номенклатура вдосконалювалась і доповнювалась (1930, 1936, 1947, 1969 рр.).

У посібнику, при викладі матеріалу за різними класами органічних сполук, будуть використані усі три номенклатури, причому найчастіше систематична, бо вона дає можливість дати найбільш точне найменування кожній органічній речовині.

1.3.4. Класифікація органічних реакцій

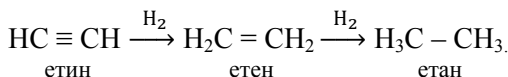
Для органічних сполук, як і для мінеральних, характерні також чотири типи хімічних реакцій: заміщення, приєднання, відщеплення та полімеризації.

Реакції заміщення – у молекулі одного з реагентів атом або група атомів заміщується іншим атомом або групою атомів. При цьому утворюються нові органічні сполуки:

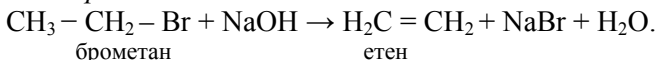


Реакції приєднання – це реакції, у яких шляхом приєднання двох і більше речовин утворюється нова органічна речовина:

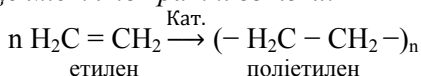
¹ ІЮПАК IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) – Міжнародний союз теоретичної та прикладної хімії



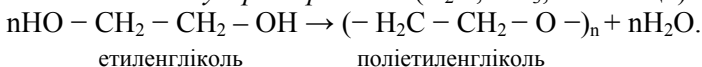
Реакції відщеплення. Від молекули органічної речовини відщеплюються атоми і утворюється нова органічна речовина, у молекулі якої є кратний зв'язок:



Реакції полімеризації. Це реакції утворення високомолекулярних сполук з молекул, що містять кратні зв'язки:



Особливим типом органічних реакцій є **реакції поліконденсації**. Це реакції утворення високомолекулярних сполук з одночасним виділенням низькомолекулярних речовин (H_2O , NH_3 , HCl тощо):



В основу класифікації хімічних реакцій органічних речовин можна покласти інший радикальний або йонний механізм розриву ковалентних зв'язків у реагуючих молекулах (див. 1.2.2).

Глибше з цим типом хімічних реакцій познайомимось при вивченні основних класів органічних сполук.



Завдання для самоконтролю

1. Назвіть основні типи хімічних реакцій органічних сполук. Ілюструйте прикладами.
2. Як класифікують хімічні реакції органічних сполук за механізмом перебігу?
3. Наведіть приклади органічних сполук, що належать до аліциклічного, карбоциклічного і гетероциклічних рядів.
4. Які існують номенклатури органічних сполук? Яка їх основа?
5. Які з зазначених нижче формул сполук є гомологами:

$\text{а) CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3;$

$\text{б) C}_2\text{H}_4;$

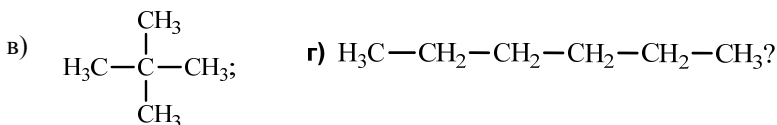
$\text{в) H}_3\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH}_2;$

$\text{г) H}_3\text{C} - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3;$

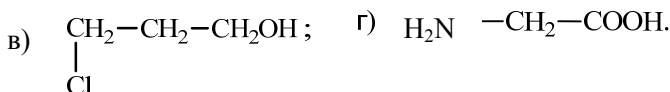
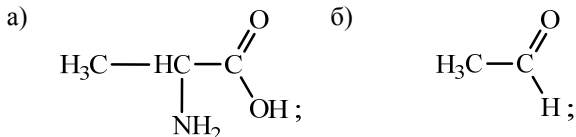
$\text{д) HC} \equiv \text{CH} ?$
6. Які з зазначених сполук є ізомерами:

$\text{а) CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3;$

$\text{б) CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3;$



7. Напишіть структурні формули сполук за їх назвами:
 а) 3-метилгексан; б) 2,2,4,4-тетраметилпентан;
 в) 3-етил,2,4-диметилгептан; г) 1,1,2-трихлоретан.
 8. Що таке функціональна група органічної речовини? Які вам відомі функціональні групи? Наведіть приклади.
 9. Назвіть функціональні групи, які містяться у сполуках:



10. Дайте визначення хімічних реакцій, за допомогою яких можна добути високомолекулярні органічні сполуки.
 11. Яка маса за н. у.:
 а) 10 л CH_4 ;
 б) 20 л C_2H_6 ?

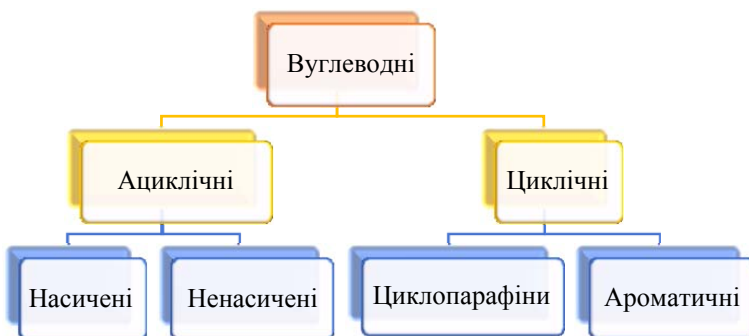
Тестові завдання

- До неорганічних речовин належать:
 а) глюкоза; б) оцтова кислота; в) мармур; г) гума.
- Вкажіть назву ряду сполук, молекули яких мають однотипну будову, але відрізняються на одну або кілька CH_2 -груп:
 а) ізомери;
 б) мономери;
 в) полімери;
 г) гомологи.
- Визначте загальну формулу сполук гомологічного ряду, представником якого є етан:
 а) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$; б) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$;
 в) C_nH_{2n} ; г) C_nH_{n+2} .

Розділ 2. ВУГЛЕВОДНІ

Вуглеводні являються найпоширенішими органічними сполуками. Їх молекули містять лише два елементи – Карбон і Гідроген. Залежно від просторової будови молекул вуглеводні поділяються на *ациклічні* і *циклічні*. За характером хімічних зв'язків їх класифікують на *насичені*, *ненасичені* та *ароматичні*.

Схема 2



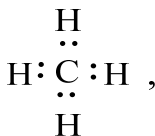
2.1. НАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ (АЛКАНИ)

Їх називають *насиченими* тому, що у кожній молекулі алканів усі чотири валентності атома Карбону «насичені» атомами Гідрогену або ж використані зв'язки з іншими атомами Карбону. Вони не здатні до реакцій приєднання. Тому алкани ще називають *парафінами*, тобто «малодіяльними».

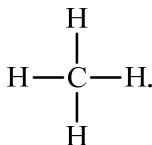
Загальна формула алканів C_nH_{2n+2} .

2.1.1. Будова молекул алканів

Найпростішим представником алканів є *метан* CH_4 . Будову молекули метану можна зобразити формулами:



електронна формула



структурна формула

З розвитком *стереохімії*¹ встановлено, що молекула метану має не плоску, а *тетраедричну* форму.

Молекула метану утворена за допомогою чотирьох σ -зв'язків. Вони виникають унаслідок перекривання sp^3 -гібридної атомної орбіталі атома Карбону з s -орбіталлю атома Гідрогену (*перший валентний стан атома Карбону*).

Довжина C – H зв'язку дорівнює 0,1 нм, енергія – 409 кДж/моль. Усі чотири зв'язки рівноцінні. Атом Карбону розташований у центрі молекули метану. Кут між осями гібридних електронних хмар, які напрямлені до вершин тетраедра, дорівнює $109^{\circ}28'$ (див. рис. 8).

Наступні представники метанового ряду – *етан* C_2H_6 , *пропан* – C_3H_8 , *бутан* – C_4H_{10} і ін. побудовані з тетраедрів, сполучених між собою міцними σ -зв'язками (C – C). Енергія такого зв'язку – 347 кДж/моль. Довжина зв'язку між атомами Карбону – 0,154 нм.

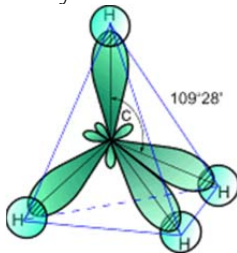


Рис. 8. Геометрична форма молекули метану

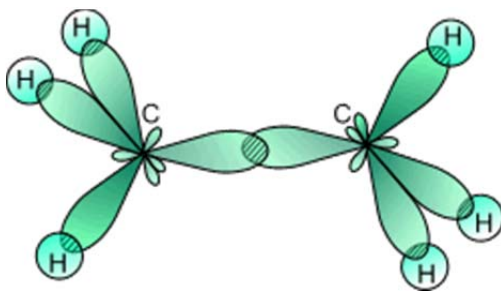
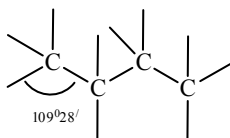


Рис. 9. Будова молекули етану

¹ *Стереохімія* – наука про просторову будову

Карбон-карбоніві ланцюги розміщуються у просторі нелінійно, а зигзаподібно. Так, наприклад, карбоновий скелет у молекулі бутану C_4H_{10} у просторі має таку форму:



При цьому між атомами Карбону можливе вільне обертання навколо осі σ -зв'язків. Як результат такого обертання карбоновий ланцюг може набувати різних геометричних форм (рис. 10).

Отже, форми молекул лінійних атомів постійно змінюються. Проте, кут між напрямками орбіталей і довжина хімічних зв'язків залишаються незмінними.

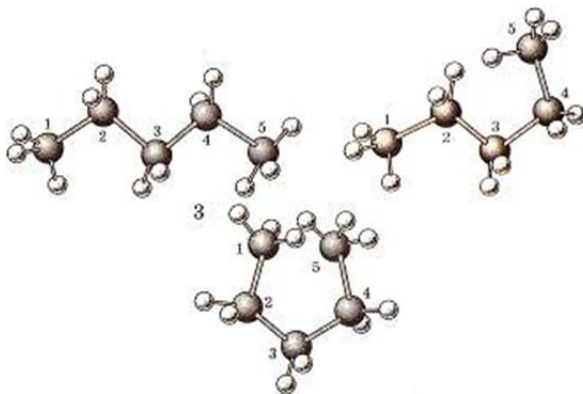


Рис. 10. Моделі молекул n-пентану

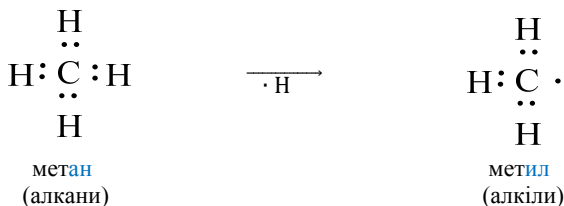
Положення карбонового скелета у просторі, якого набуває молекула при обертанні будь-якої групи атомів навколо σ -зв'язку, називається конформацією, а ізомери – поворотними ізомерами.

2.1.2. Гомологічний ряд алканів. Алкіли

➤ Пригадайте, які сполуки називають гомологами, дайте визначення гомологічному ряду, гомологічній різниці.

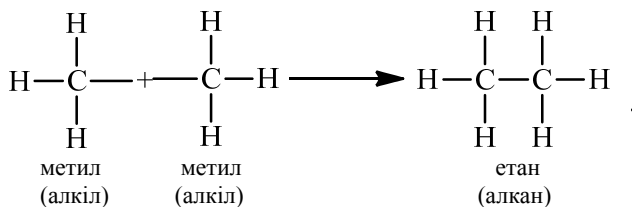
Алкани – вуглеводні з відкритим карбоновим ланцюгом. Якщо від першого представника гомологічного ряду алканів – метану

CH₄ відщепити один атом Гідрогену, утвориться частинка CH₃[·], яку називають радикалом *метил*:

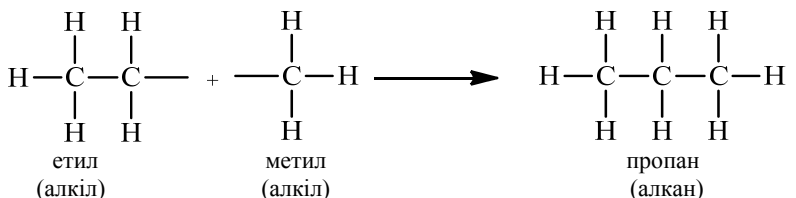


Радикали – атоми або групи атомів, які містять неспарені електрони.

Радикали являються надзвичайно реакційноздатними. Сполучення двох таких радикалів обумовлює появу другого представника гомологічного ряду алканів – *етану*:



Якщо від етану відняти один атом Гідрогену, утвориться радикал етил C₂H₅[·], який після сполучення з метилом утворює третій гомолог – *пропан*:



Наступними представниками гомологічного ряду алканів є *бутан* C₄H₁₀, *пентан* C₅H₁₂, *гексан* C₆H₁₄, *гептан* C₇H₁₆... *декан* C₁₀H₂₂... *триптриакоктан* C₃₃H₆₈ тощо (див. табл. 2. 1).

Таблиця 2.1

**Гомологічний ряд алканів лінійної будови та
відповідні радикали**

Алкан, C_nH_{2n+2}			Алкіл C_nH_{2n+1}	
Молекулярна формула	Спрощена структурна формула	Назва сполуки	Формула	Назва
CH_4	—	Метан	$-CH_3$	Метил
C_2H_6	$CH_3 - CH_3$	Етан	$-C_2H_5$	Етил
C_3H_8	$CH_3 - CH_2 - CH_3$	Пропан	$-C_3H_7$	Пропіл
C_4H_{10}	$CH_3 - (CH_2)_2 - CH_3$	н-Бутан	$-C_4H_9$	н-Бутил
C_5H_{12}	$CH_3 - (CH_2)_3 - CH_3$	н-Пентан	$-C_5H_{11}$	н-Пентил,
C_6H_{14}	$CH_3 - (CH_2)_4 - CH_3$	н-Гексан	$-C_6H_{13}$	н-Гексил
C_7H_{16}	$CH_3 - (CH_2)_5 - CH_3$	Гептан	$-C_7H_{15}$	Гептил
C_8H_{18}	$CH_3 - (CH_2)_6 - CH_3$	Октан	$-C_8H_{17}$	Октил
C_9H_{20}	$CH_3 - (CH_2)_7 - CH_3$	Нонан	$-C_9H_{19}$	Ноніл
$C_{10}H_{22}$	$CH_3 - (CH_2)_8 - CH_3$	Декан	$-C_{10}H_{21}$	Децил
.....

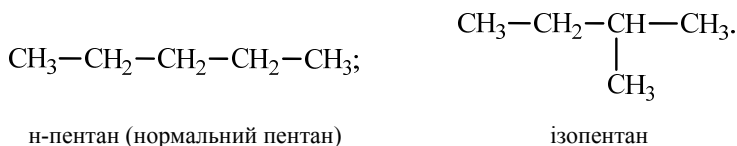
2.1.3. Номенклатура та ізомерія алканів

Перші чотири представники гомологічного ряду алканів (метан CH_4 , етан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10}) мають назви, що склалися історично (*тривіальна* номенклатура).

Назви наступних, починаючи з пентану C_5H_{12} , складаються з грецького числівника, який показує кількість атомів Карбону у молекулі алкану і додають суфікс *-ан*: C_5H_{12} – пентан, C_6H_{14} – гексан, C_7H_{16} – гептан тощо.

При виведенні структурних формул гомологічного ряду метану, починаючи з бутану C_4H_{10} , ми зустрілися з явищем *ізомерії*. Із збільшенням кількості атомів Карбону у молекулі число ізомерів зростає.

Для алканів з прямим карбоновим ланцюгом до його назви додають літеру «н» (нормальний) з розгалуженим префікс ізо-:



Така номенклатура зручна для перших чотирьох представників, але громіздка для решти алканів. Наприклад, молекулярній формулі декану $C_{10}H_{22}$ відповідає н-декан і 75 ізодеканів.

Для назв ізомерів широко застосовують дві інші номенклатури: стару – *раціональну* та сучасну – *систематичну* (міжнародну).

Щоб без помилок користуватись як першою, так і другою, потрібно повернутись до поняття «*радикал*». Вже зазначалось, що радикалом називають залишок молекули алкану після віднімання від неї одного атома Гідрогену.

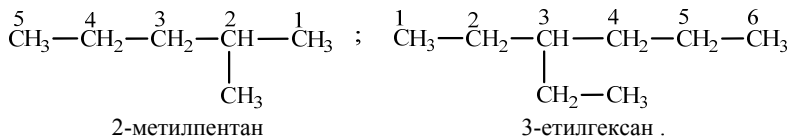
За основу назви радикала беруть корінь слова назви алкану і додають суфікс **-ил** або **-іл**: CH_3 – *метил*, C_2H_5 – *етил*, C_3H_7 – *пропіл*, C_4H_9 – *бутил*, C_5H_{11} – *аміл*, C_6H_{13} – *гексил* тощо. Розглянуті радикали мають назву алкіли. Їх загальна формула C_nH_{2n+1} .

За раціональною номенклатурою алкани розглядаються як похідні метану, в молекулі якого один або декілька атомів Гідрогену заміщені на радикали. Так, похідний метану $CH_3 - \dot{C}H_3$ називають метилметаном, а $CH_3 - \dot{C}H_2 - CH_3$ – диметилметаном. Ця номенклатура зручна для нижчих гомологів. Проте вона не завжди точна для вищих і навіть середніх алканів.

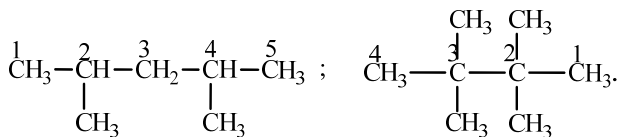
Найбільш точною є систематична (міжнародна або ІЮПАК) номенклатура. Алкани з розгалуженим ланцюгом розглядають як похідні нормального алкану, в якому один або кілька атомів Гідрогену заміщені на вуглеводневі радикали (замісники).

Виходячи з цього, номенклатура алканів з розгалуженою будовою має такі правила:

1. *Вибирають найдовший карбон-карбонівий ланцюг і нумерують його арабськими цифрами, починаючи з того кінця, до якого ближче розташований радикал:*



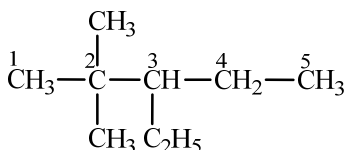
2. *Якщо сполука містить два або більше однакових радикали, то у назві цифрою позначають кожний окремо і перед назвою замісника ставлять префікс ди-, три-, тетра- тощо. Далі вказують назви замісника і основного карбон-карбонівий ланцюга, наприклад:*



2,4-диметилпентан

2,2,3,3-тетраметилбутан

3. Якщо різні радикали, то називати їх починають з алфавіту, наприклад:

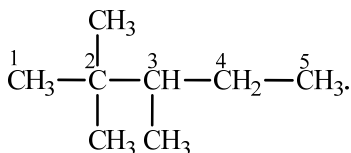


3-етил-2,2-диметилпентан

Як систематичну, так і раціональну номенклатуру застосовують не тільки для вуглеводнів, а й для інших класів органічних сполук.

2.1.4. Положення атомів Карбону у ізомерах алканів

Розглядаючи формули ізомерів алканів легко зауважити, що атоми Карбону в них займають різне положення. Крайні атоми Карбону карбонового ланцюга зв'язані тільки з одним атомом Карбону. Вони називаються *первинними*. Кожен такий атом, розташований всередині нерозгалуженого карбонового ланцюга, називається *вторинним*. Ті атоми Карбону, що отримують по одному заміснику, – *третинні*, а по два – *четвертинні*. Як приклад, розглянемо положення атомів Карбону у молекулі 2,2,3-триметилпентану:



У молекулі цього алкану 1 і 5 атоми Карбону – *первинні*, 4 – *вторинний*, 3 – *третинний*, 2 – *четвертинний*.

Властивості атомів Гідрогену, а також функціональних груп залежать від того, з яким атомом Карбону вони з'єднані: первинним, вторинним чи третинним.



Лабораторний дослід № 1

Виготовлення моделей вуглеводнів і галогенопохідних

Модель молекули пропану. З пластиліну одного кольору виготовте вісім кульок однакового розміру. З пластиліну іншого кольору виготовте три кульки, діаметр яких у 1,5 рази більший, ніж діаметр попередніх. Три більших кульки (атоми Карбону за допомогою стержнів однакового розміру з'єднайте між собою так, щоб вони були найбільш віддалені один від одного (приблизно 109°).

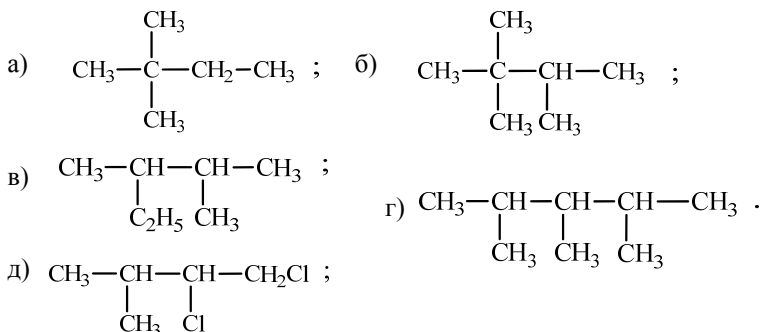
Відповідно до структурної формули пропану до більших кульок за допомогою стержнів приєднайте вісім менших кульок, які умовно зображають атоми Гідрогену.



Завдання для самоконтролю

1. Що таке насичені вуглеводні? Чому вони дістали таку назву?
2. За яким принципом класифікують вуглеводні?
3. Чому карбоновий ланцюг має зигзагоподібну форму?
4. Чому для виготовлення моделей потрібні кульки різних діаметрів?
5. Який вид гібридизації характерний для алканів?
6. Сформулюйте поняття «гомологічний ряд» метану. Напишіть молекулярні та напівструктурні формули перших десяти представників гомологічного ряду метану (гомологічного ряду алканів).
7. З наведених формул речовин виберіть алкани і їх похідні:
 C_2H_6 ; C_4H_8 ; C_2H_5OH ; $C_{17}H_{36}$; CH_3COOH ; C_2H_2 ; CH_3CHO ; $C_2H_2Cl_2$; $C_3H_7NH_2$; $C_6H_5NO_2$; C_3H_8 ; C_6H_6 .
8. Назвіть кількість σ -зв'язків у молекулах:
а) 2-метилпропан; б) 2,2-диметилбутан.
9. Який вид ізомерії характерний алканам?
10. Напишіть структурні формули ізомерів гексану і назвіть їх за систематичною номенклатурою.
11. Складіть структурні формули таких сполук:
а) 2,2,3,3-тетраметилгексан; б) 1,2,3-трихлорпентан;
в) 4-етил-2,3-диметилгептан; г) 2,4-диметилпентан.

12. Назвіть сполуки, формули яких:



13. Назвіть за систематичною номенклатурою алкан і знайдіть його молекулярну формулу, що містить лише первинні і третинні атоми Карбону, якщо відомо, що 2,24 л його має масу 5,8 г.

Тестові завдання

- Вкажіть назву ряду сполук, молекули яких мають однотипну будову, але відрізняються на одну або кілька $-\text{CH}_2$ -груп.
 - ізомери;
 - мономери;
 - гомологи;
 - полімери.
- Виберіть загальну формулу сполук гомологічного ряду, представником якого є пентан:
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$;
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$;
 - C_nH_{2n} ;
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$;
- Вкажіть ізомер 2-метилбутану:
 - 2,2-диметилпропан;
 - 2-етилгексан;
 - 2,3-диметилпентан;
 - 2-метилпропан.
- Виберіть твердження щодо алкану, який містить один четвертинний та чотири первинні атоми Карбону (є кілька правильних відповідей):
 - утворює лише один продукт хлорування при освітленні;
 - назва за систематичною номенклатурою 2,2-диметилпропан;
 - знебарвлює бромну воду;
 - є ізомером пентану.

2.2. ВЛАСТИВОСТІ, ДОБУВАННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ АЛКАНІВ

2.2.1. Фізичні властивості алканів

Перші чотири представники гомологічного ряду алканів (C_1 - C_4) – *гази*, наступні 10-13 (C_5 - C_{17}) – *рідини*. Алкани, до складу яких входить більше атомів Карбону – *тверді речовини*. Про зміну температур плавлення і кипіння можна дізнатися з наведеної таблиці:

Таблиця 2.2

Назва	Формула	Агрегатний стан	Температура плавлення	Температура кипіння	Густина	Кількість ізомерів
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-
Метан	CH_4	Газ	-184	-164	0,72	1
Етан	C_2H_6	Газ	-182,8	-88,7	1,36	1
Пропан	C_3H_8	Газ	-187,6	-42,1	2,01	1
Бутан	C_4H_{10}	Газ	-138,4	-0,6	0,60	2
Пентан	C_5H_{12}	Рідина	-130	36,3	0,63	3
Гексан	C_6H_{14}	Рідина	-95	68,7	0,66	5
Гептан	C_7H_{16}	Рідина	-91	98,4	0,68	9
Октан	C_8H_{18}	Рідина	-56,5	125,7	0,70	18
Нонан	C_9H_{20}	Рідина	-53,7	150	0,71	35
Декан	$C_{10}H_{22}$	Рідина	-30	174	0,73	75

Отже, температура кипіння і плавлення алканів зростають зі збільшенням відносної молекулярної маси. Причина: з подовженням карбонового ланцюга зростають сили міжмолекулярної взаємодії.

Метан і етан не мають запаху, леткі рідкі вуглеводні мають запах бензину і гасу. Вищі гомологи метану запаху не мають.

Алкани легші за воду і практично у ній нерозчинні. Насичені вуглеводні розчинні в органічних розчинниках, а рідкі алкани самі є добрими розчинниками.

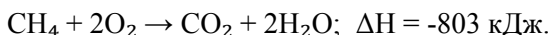
2.2.2. Хімічні властивості алканів

Алкани як насичені вуглеводні не вступають в реакції приєднання. Вони не взаємодіють з концентрованими кислотами і лугами, не окиснюються сильними окисниками – калій перманганатом (VII), калій дихроматом тощо.

Їх хімічна стійкість зумовлена міцністю σ -зв'язків (C – H – 298 і C – C – 339-348 кДж/моль). Однак, за жорстких умов (висока температура, підвищений тиск, ультрафіолетове опромінення) ці сполуки вступають у деякі реакції:

● Повне окиснення (горіння)

Алкани горять голубим полум'ям з виділенням великої кількості теплоти:



Суміш метану з киснем або повітрям є вибухонебезпечною. Найсильніший вибух дає суміш газів у співвідношенні 1:2.

➤ Знаючи об'ємну частку кисню у повітрі, можна підрахувати особливо небезпечну суміш метану з повітрям.

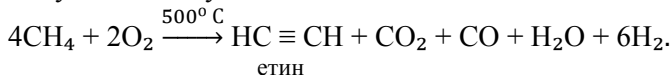
Вибух, хоч і меншої сили, може трапитись і при інших об'ємах. Тому суміш метану з повітрям небезпечна у кам'яновугільних копальнях, у заводських котельнях, у квартирах.

➤ Напишіть рівняння реакції повного окиснення етану і пропану, розставте коефіцієнти.

Якщо повне окиснення метану чи алкану з більшою молекулярною масою проходитиме при недостатці повітря, то продуктами горіння можуть бути чадний газ CO і сажа (вільний вуглець).

● Неповне окиснення метану

При термічній обробці метану з киснем спостерігається утворення суміші газуватих сполук:



Алкани, взаємодіючи з киснем, за певних умов (підвищена температура, каталізатор) можуть утворити оксигеновмісні органічні

сполуки. Так, частковим окисненням метану добувають мурашиний альдегід, з бутану – оцтову кислоту.

● *Заміщення Гідрогену в алканах*

Реакція проходить у темряві при 250-400° С і наявності каталізаторів (CuCl₂, SnCl₄). При цьому атоми галогенів послідовно заміщують атоми Гідрогену у молекулах алканів. Реакція проходить і на світлі. Найенергійніше серед галогенів реагує Хлор:

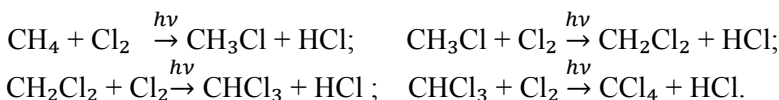
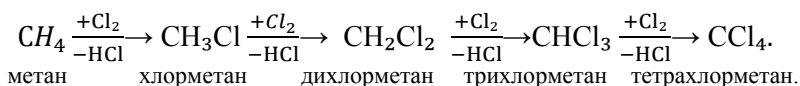
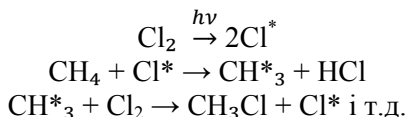


Схема повного заміщення атомів Гідрогену така:



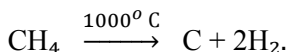
Процеси заміщення атомів Гідрогену в органічній реакції атома ми Хлору називаються *хлоруванням*. Ці реакції відбуваються *за радикальним механізмом* (з утворенням проміжних вільних радикалів), наприклад:



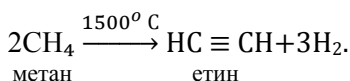
Реакції, в яких виникнення радикалу спричиняє ланцюг послідовних перетворень, називають ланцюговими.

● *Термічний розклад*

При сильному нагріванні без доступу повітря метан розкладається:

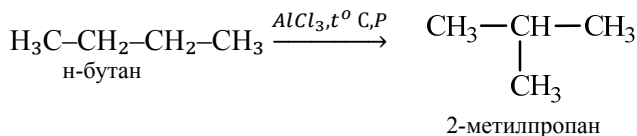


Нагріваючи метан до вищої температури без доступу кисню, одержують етин (ацетилен):



• Ізомеризація алканів

У присутності каталізатора AlCl_3 під час нагрівання алканів добувають вуглеводні розгалуженої будови:



Реакції, при яких утворюються ізомери вхідних сполук як результат перегрупування атомів у молекулі або переміщення в них крайніх зв'язків, називаються реакціями ізомеризації.

Відомі реакції алканів, які супроводжуються розривом ланцюга атомів Карбону. Реакції можливі за високих температур і наявності каталізатора.

Чи відомо вам, що...

Якось в одному з районів США вибухнув газопровід. Це сталося навесні при температурі повітря 15°C . В середині пошкодженого газопроводу виявили білу речовину, схожу на сніг із запахом транспортувального газу. З'ясувалось, що розрив був спричинений закупоренням трубопроводу новою сполукою природного газу складу $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} \cdot x\text{H}_2\text{O}$, яку тепер називають **клатратом**. Газ не був належно осушений, вода вступила у міжмолекулярну взаємодію з вуглеводнями, при цьому утворився продукт – клатрат. З цієї історії розпочався розвиток хімії клатратів, що є кристалічним каркасом із молекул води, у яких включені молекули вуглеводнів.

2.2.3. Способи добування алканів

Метан надзвичайно поширений в природі. Він і його гомологи входять до складу природного газу.

Залежно від родовища вміст метану коливається від 80 до 97%. Природні і особливо супутні (нафтові) газу, крім метану, містять етан, пропан, бутан і інші газу. Метан виділяється при сухій перегонці деревини, торфу, кам'яного вугілля, а також крекінгу нафти.

Так, наприклад, при нагріванні вугілля до 1000° С без доступу кисню одержуємо 25% метану, 3-5% етану і біля 60% водню.

Він виділяється з дна боліт і кам'яновугільних пластів, утворюється при повільному розкладі решток рослин без доступу повітря. Ось чому часто називають метан *болотним* або *рудниковим газом*.

❖ Найбільшим природним джерелом одержання насичених вуглеводнів, крім природного газу, є *нафта, кам'яне вугілля, торф, сланці, деревина* тощо.

❖ **В лабораторних умовах** алкани добувають:

а) Нагріванням суміші натрій ацетату з натрій гідроксидом добувають метан:

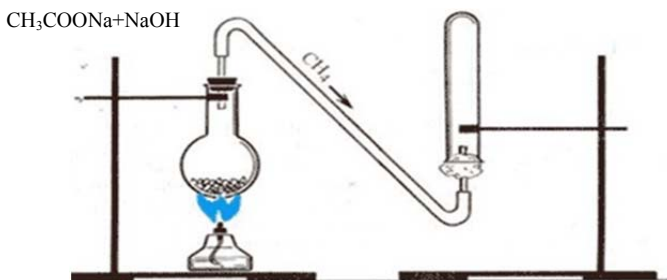
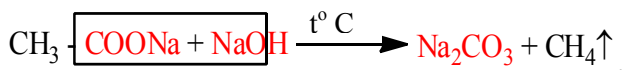
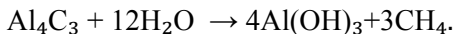
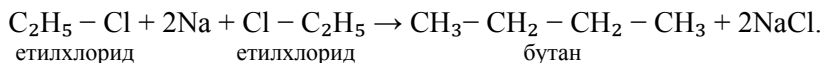
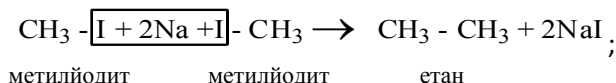


Рис. 11. Добування метану в лабораторії

б) При взаємодії алюміній карбіду з водою:

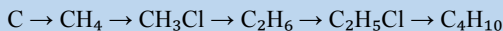


в) Етан та інші алкани можна добути при взаємодії однакових галогенопохідних насичених вуглеводнів з металічним натрієм або іншим лужним металом:



Першим цю реакцію у 1855 р. здійснив французький хімік А. Вюрц (*реакція Вюрца*).

- Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



Вюрц Шарль Адольф
(1817-1884)

французький хімік-органік, академік

Паризької академії наук, її президент (1881), один із засновників синтетичного напрямку в органічній хімії. Учений запропонував загальний спосіб добування багатьох органічних речовин: метиламіну, етиламіну, фенолу, етилену оксиду тощо.

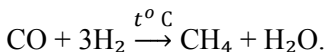
❖ **У промисловості метан можна отримати:**

а) *За реакцією між графітом і воднем при 500° С та наявності нікелевого каталізатора:*



- Ця реакція оборотна. За певних умов її перебігу настає хімічна рівновага. Враховуючи тепловий ефект, а також фактор, що реакція проходить зі зменшенням об'єму, поміркуйте, як змістити її вправо, в бік утворення продукту.

б) *Синтезом із воднем і карбон (II) оксиду, що входять до складу водяного газу:*



Цей спосіб має промислове значення.

Чи відомо вам, що...

Розроблено метод гідрогенізації CO і CO₂, які утворюються під час газифікації вугілля. Процес відбувається при 260° С й атмосферному тиску. Суміш водню та карбону оксидів пропускають над каталізатором і отримують метан...

Впровадження в промислове виробництво даного способу добування метану може у перспективі розв'язати проблему енергетичної незалежності України.

2.2.4. Застосування метану і інших алканів

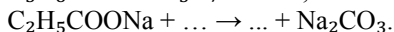
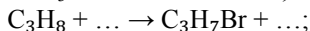
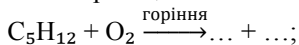
- ✚ Метан – це паливо з великою теплопровідністю, використовують у побуті і на виробництві;
Як цінну сировину метан використовують:
- ✚ в органічному синтезі хлорохідних (CH_3Cl , CH_2Cl_2 , CHCl_3 , CCl_4), які є добрими розчинниками лаків, олійних фарб;
 CH_3Cl – як холодоагент в холодильних установках;
- ✚ для добування ацетилену, метанолу, формальдегіду;
- ✚ для одержання синтез-газу (суміші CO і H_2) – як вихідної речовини для наступних синтезів (амоніаку, рідких та твердих азотних добрив);
- ✚ для добування синтетичного каучуку з наступним одержанням гуми, для друкарських робіт.
- ✚ Рідкі вуглеводні ($\text{C}_7\text{--C}_{17}$) як моторне пальне (бензин, гас, газойль).
- ✚ З вищих алканів, що мають 20-25 атомів Карбону, одержують синтетичні жирні кислоти, які використовуються для виробництва мила, мийних засобів, лаків, емалей.
- ✚ Суміш рідких алканів (до C_{15}) під назвою «вазелинове масло» – у медицині, косметичі, а суміш рідких і твердих алканів (до C_{25}) під назвою «вазелін» для виготовлення лікувальних мазей.
- ✚ Суміші твердих алканів ($\text{C}_{17}\text{--C}_{40}$) під назвою «парафін» у медицині для теплових процедур, виготовлення свічок, просочування пакувального пакету тощо.



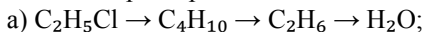
Завдання для самоконтролю

1. Як пояснити хімічну інертність алканів?
2. Напишіть рівняння реакцій:
 - а) хлорування метану;
 - б) ізомеризації метану;
 - в) повного окиснення бутану;
 - г) дегідрування метану;
 - д) крекінгу гексану.
3. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких з метану та неорганічних реагентів можна добувати бутан.
4. За яких умов відбувається дегідрування метану і етану? Напишіть рівняння відповідних реакцій. Поясніть їх практичне значення.

5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Здійсніть перетворення:



7. Де і в якому вигляді парафіни зустрічаються у природі?

8. Що таке вазелінове масло, вазелін і парафін? Вкажіть сфери застосування.

9. Як у промисловості з вугілля і метану добувають синтез-газ? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

10. Яку масу сажі можна добути з природного газу 1 м^3 , що містить 89,6% метану?

11. Обчисліть об'єм і масу хлору, необхідного для добування 202 г хлорметану.

12. Для добування 0,5 л метану витрачено 200 г розчину натрій ацетату. Яка масова частка солі у розчині?

13. Зразок технічного алюміній карбїду масою 16 г обробили надлишком води. Визначіть об'єм повітря, необхідний для спалення добутого газу, якщо відомо що масова частка домішок у карбїді становить 10%.

Тестові завдання

1. Виберіть твердження, яке характеризує процес галогенування:

а) відщеплення атомів галогену;

б) приєднання галогеноводню;

в) окиснення органічних сполук з утворенням карбон (IV) оксиду і води;

г) заміщення атома Гідрогену на атоми галогену.

2. Виберіть твердження, яке відповідає реакції ізомеризації вуглеводнів:

а) каталітичне відщеплення водню від молекул;

б) перетворення молекулярної будови на розгалужені ізомери;

в) розщеплення алканів з утворенням низькомолекулярних продуктів;

г) окисно-відновна взаємодія з киснем.

3. Визначте речовину, яку можна добути за реакцією Вюрца з 2-бромпропану:

а) бутан;

б) 2,2-диметилбутан;

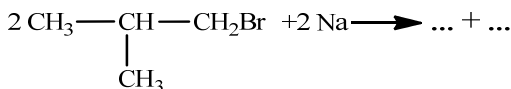
в) гексан;

г) 2,3-диметилпентан.

4. Вкажіть, із яких речовин добувають синтез-газ:

- а) метан та бром;
- б) метан та водяна пара;
- в) ацетилен та хлороводень;
- г) етен та вода.

5. Встановіть сполуку, яка є продуктом реакції



- а) 2,4-диметилпентан;
- б) 2,3,3-триметилбутан;
- в) 2,3-диметилбутан;
- г) 2,5-диметилгексан.

2.3. ЦИКЛОАЛКАНИ

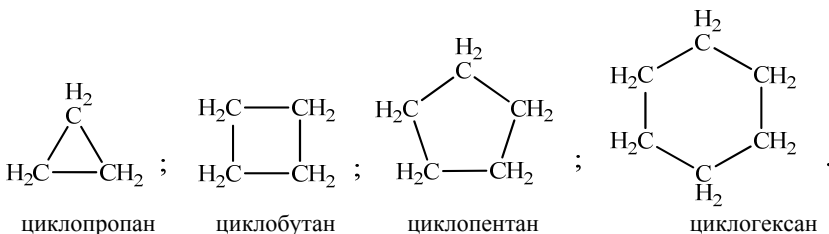
2.3.1. Склад молекул циклоалканів

Циклоалканами називають насичені вуглеводні, молекули яких утворюють замкнуті цикли.

Інші назви циклоалканів – **циклопарафіни**. П'яти і шестичленні алкани вперше виявлені у бакинській нафті і детально вивчені професором В. В. Марковниковим. Звідси ще одна назва – **нефтени**.

Циклопарафіни відрізняються за складом від відповідних їм алканів тим, що у їх молекулах міститься на два атоми Гідрогену менше. Загальна формула гомологічного ряду алканів – C_nH_{2n} .

Найпростішими представниками сполук є:

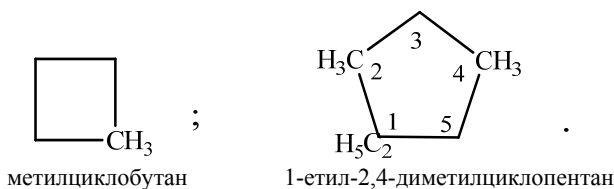


2.3.2. Назви

Назви циклопарафінів ідентичні назвам алканів з відповідною кількістю атомів Карбону. При цьому додається префікс *цикло-*.

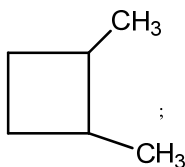
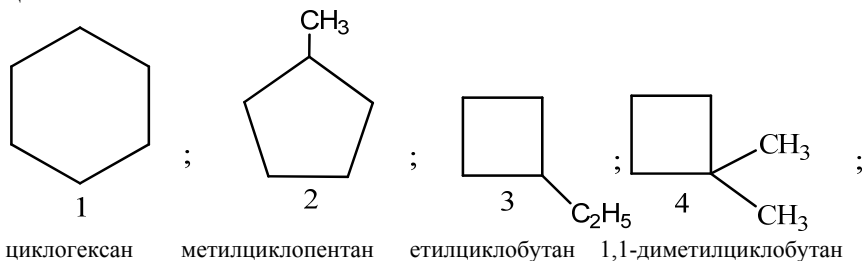
Наприклад, сполука C_4H_8 має назву *циклобутан*, а C_5H_{10} – *циклопентан*.

У молекулі циклоалкану можуть бути замісники (радикали). Якщо він один, то назву замісника вказують на початку слова. Якщо їх кілька, то розпочинають відповідну назву з того замісника, котрий згідно з алфавітом перший. Наприклад:



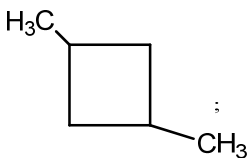
2.3.3. Ізомерія

Ізомерія циклоалканів зумовлена *розмірами циклу* (1, 2, 3, 7), *складом і кількістю замісників* (2, 3, 4, 7) та їх *положенням у циклі* (5, 6). Так, сполуці складу C_6H_{12} відповідають ізомерні циклоалкани:



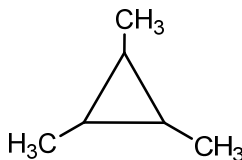
5

1,2-диметилциклобутан



6

1,3-диметилциклобутан



7

1,2,3-триметилциклопропан

Отже, крім структурної ізомерії, циклоалканам характерна так звана просторова (геометрична) або *цис- транс-* ізомерія, яка визначається положенням замісників у циклі (див. 1. 1. 3).

2.3.4. Фізико-хімічні властивості

Сполуки $C_3 \dots C_4$ – *гази*, C_5-C_6 – *рідини*, $C_7 \dots$ – *тверді*. При утворенні циклоалканів з трьома і чотирма атомами Карбону в молекулі напрями валентних зв'язків значно відхиляються від напрямку, характерного при перекриванні sp^3 гібридних орбіталей, тобто від кута $109^\circ 28'$.

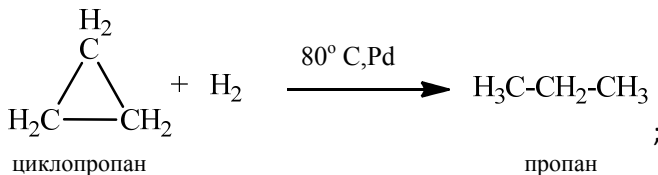
Наявність такого, так званого «бананового» зв'язку створює у їх молекулах напруженість і забезпечує високу реакційну здатність до реакції з розривом зв'язку (тобто реакції приєднання).

Найбільшу стійкість виявляють циклопентан C_5H_{10} , циклогексан C_6H_{12} і вищі циклопарафіни. Для них, як і для алканів, характерні реакції заміщення.

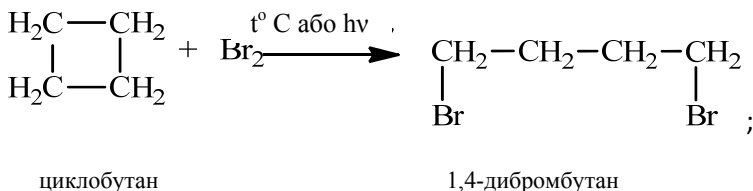
Серед найбільш характерних реакцій циклоалканів є:

• Реакції приєднання з розривом циклу

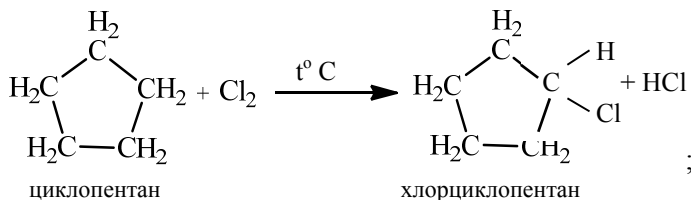
а) Гідрування циклоалканів (приєднання водню):



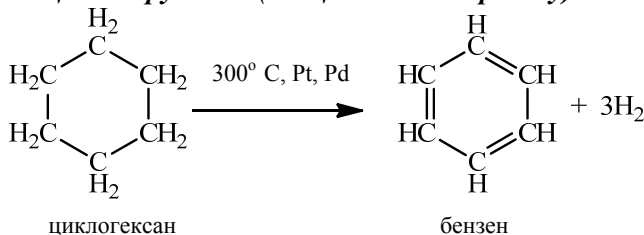
б) Галогенування циклоалканів (приєднання галогенів):



● **Реакції заміщення**



● **Реакції дегідрування (відщеплення Гідрогену)**



● **Окиснення циклоалканів**

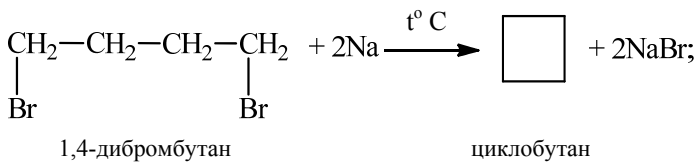
Під час повного окиснення циклоалканів одержують карбон (IV) оксид і воду H_2O .

➤ *Напишіть рівняння повного окиснення (горіння) циклобутану і циклогексану, розставте коефіцієнти.*

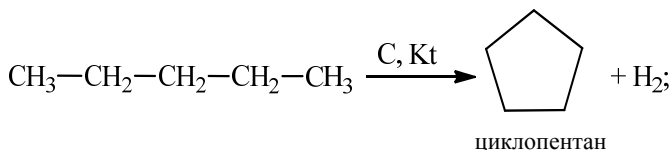
2.3.5. Добування

❖ **В лабораторних умовах циклоалкани одержують:**

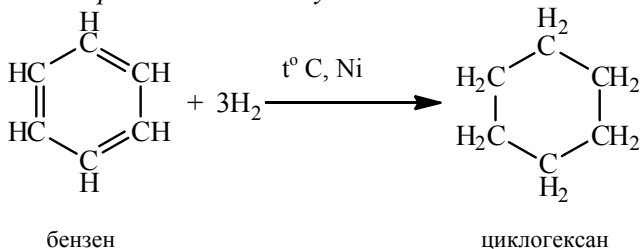
а) нагріванням дигалогенопохідних алканів з активними металами (реакція Вюрца)



б) циклізацією алканів



в) гідруванням ароматичних сполук



❖ У промислових умовах циклоалкани виділяють з нафти шляхом розгонки.

2.3.6. Застосування циклоалканів

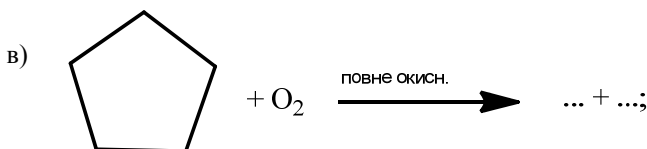
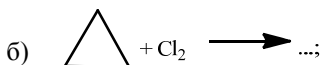
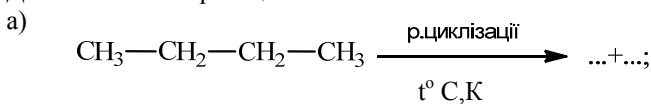
З циклопарафінів практичне значення мають циклогексан, метилциклогексан. В процесі ароматизації нафти ці сполуки перетворюються в ароматичні вуглеводні – у бензен і толуен, які широко використовуються для синтезу барвників, лікарських речовин тощо.

Циклопропан застосовують для наркозу.

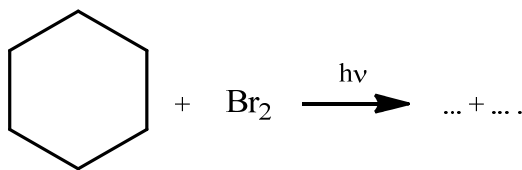


Завдання для самоконтролю

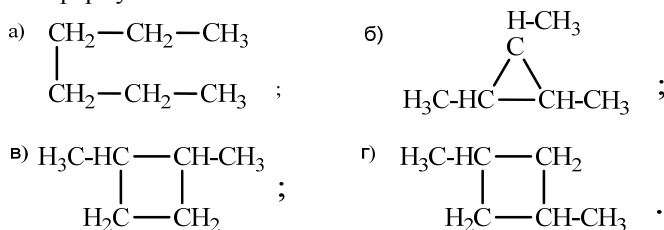
1. Які вуглеводні належать до циклоалканів? Чому їх називають нефтенами?
2. Чи можна вважати циклопентан: а) ізомером; б) гомологом н-пентану? Дайте відповідні пояснення.
3. Напишіть структурні формули: а) двох ізомерів; б) двох гомологів циклогексану.
4. Допишіть схеми реакцій:



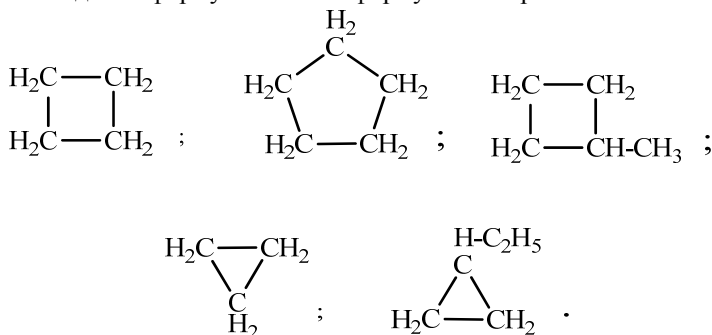
г)



5. Напишіть спрощені структурні формули циклоалканів:
 - а) 1,2,3-триметилциклобутан; б) 1-етил-2,3-диметилциклогексан;
 - в) цис-1,2-диметилциклопропан; г) транс-1,2-диметилциклопропан.
6. Дайте назву за ІЮПАК-номенклатурою для речовин, що мають такі формули:



7. З наведених формул запишіть формули ізомерів:



Тестові завдання

1. Визначте загальну формулу сполук гомологічного ряду, представниками якого є циклопропан:
 - а) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$; б) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$; в) C_nH_{2n} ; г) $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$.
2. Вкажіть тип гібридизації, який характерний для циклоалканів:
 - а) sp ; б) sp^2 ; в) sp^3 ; г) sp^2 або sp^3 .
3. Назвіть сполуку, яка утвориться при повній дегідрогенізації циклогексану:
 - а) гексан; б) гексин; в) бензен; г) циклогексан.



2.4. Практична робота № 1

Виявлення Карбону, Гідрогену і Хлору в органічних речовинах

Дослід I. Виявлення Карбону і Гідрогену в органічних речовинах

У суху пробірку помістіть 1-1,5 г порошкового купрум (II) оксиду і 0,2-0,3 г подрібненого до стружок парафіну або вазелінового масла. Парафін повинен перебувати у розплавленому стані. Для цього пробірку із сумішшю легенько підігрійте, щоб вихідні речовини добре перемішались.

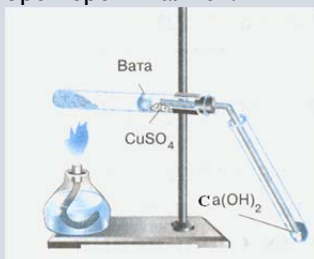


Рис. 12. Виявлення Карбону і Гідрогену

Попередньо поклавши посередині пробірки шматочок вати, закріпіть її у штативі з ледь помітним нахилом до отвору (подумайте чому?). Недалеко від отвору шпателем покладіть трішки безводного купрум (II) сульфату.

Пробірку щільно закрийте пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опустіть у пробірку з вапняною водою. Повільно нагрівайте вміст пробірки і спостерігайте зміни, що відбуваються з сумішшю, безводним купрум (II) оксидом і вапняною водою.

➤ Після появи ознак, які свідчать про завершення дослідів, вийміть газовідвідну трубку з пробірки, що містила вапняну воду, і лише згодом припиняйте підігрівання пробірки. Поясніть причину такої послідовності ваших дій.

Завдання для висновків:

а) Чому змінився колір купрум (II) сульфату? Яка сполука при цьому утворилась? Напишіть рівняння реакції, що відбулась.

б) Про вміст якого елемента у досліджуваній речовині це свідчить?

в) Чому змінився колір вапняної води? Яка сполука при цьому утворилась? Напишіть рівняння відповідної реакції.

г) Про вміст якого елемента свідчить помутніння вапняної води?

д) Що відбулось з купрум (II) оксидом? Які спостереження це підтверджують? Напишіть відповідне рівняння реакції, що при цьому відбувається.

е) Зробіть загальний письмовий висновок з досліду I.

Дослід II. Виявлення Хлору в органічній речовині

Кінець мідного дроту зігніть у вигляді спіралі діаметром 1-2 мм. Прожарте дротину у полум'ї спиртівки до тих пір, поки вона не перестане забарвлюватись.



Рис. 13. Виявлення Хлору в органічних сполуках

Після охолодження внесіть у речовину, що досліджується. Цією речовиною може бути трихлорметан (хлороформ) або 1,2-дихлоретан.

!!! Ємкості з дихлоретаном і іншими легкозаймистими речовинами тримайте далі від вогню.

Після повторного внесення мідної дротини у полум'я спиртівки ви спостерігаєте появу зеленого забарвлення. Зелений колір спричиняють сполуки з Хлором – CuCl_2 та CuCl .

Завдання для висновків:

Зробіть загальний письмовий висновок про проведену практичну роботу.

2.5. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАДАЧ НА ВИВЕДЕННЯ ФОРМУЛИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

2.5.1. Виведення молекулярної формули газуватої речовини за масовою часткою елементів

При розв'язуванні задач такого типу потрібно користуватися відомими формулами:

$$\text{а) } \rho = M_r/V_m \text{ звідки } M_r = V_m \cdot \rho,$$

$$M_r = 2D_{H_2} = 29 \times D_{\text{пов}} = 32 \cdot D_{O_2} = 28 \times D_{N_2};$$

$$\text{б) } W = \frac{n \cdot Ar \text{ елемента}}{M_r \text{ речовини}}, \text{ звідки } n = \frac{W \cdot M_r}{Ar},$$

де W – масова частка елемента,

n – кількість його атомів.

$$\text{в) } x : y : z = V(A) : V(B) : V(C), \text{ звідки}$$

$$x : y : z = \frac{m(A)}{Ar(A)} : \frac{m(B)}{Ar(B)} : \frac{m(C)}{Ar(C)},$$

де z, y, x – кількість елементів A, B, C , що входять до складу молекули.

Задача 1

Вивести молекулярну формулу вуглеводню, масова частка Карбону у якому – 82,8%, Гідрогену – 17,2%. Відносна густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 29.

Розв'язок

І спосіб:

Дано:

$$W(C) = 82,8\%$$

$$W(H) = 17,2\%$$

$$D(H_2) = 29$$

$$C_xH_y - ?$$

1. Проводимо баланс мас елементів, що містяться у речовині	$82,8 + 17,2 = 100$
2. Таким чином, речовина складається з Карбону і Гідрогену, тому загальна формула C_xH_y . (x, y – число атомів відповідно)	
3. Визначаємо відносну молекулярну масу вуглеводню	$M_r = 2D_2$ $M_r = 2 \cdot 29 = 58$
4. За формулою вираховуємо кількість атомів Карбону і Гідрогену	$n(C) = \frac{0,828 \cdot 58}{12} = 4$ $n(H) = \frac{0,172 \cdot 58}{1} = 10$
5. Отже, у молекулі невідомого вуглеводню на атом Карбону припадає 10 атомів Гідрогену	C_4H_{10}
6. Знаходимо молекулярну масу	$M_r(C_4H_{10}) = 58$
Відповідь:	C_4H_{10} – Бутан.

Задача 2

Вивести формулу органічної сполуки, у якій масова частка Карбону – 4,04%, Хлору – 71,71%. Густина речовини за нормальних умов 4,42 г/л.

Розв'язок

II-спосіб

Дано:

$$W(C) = 24,24\%$$

$$W(H) = 4,04\%$$

$$W(Cl) = 71,71\%$$

$$\rho = 4,42\% \text{ г/л}$$

$$C_xH_y - ?$$

1. Визначаємо відносну молекулярну масу вуглеводню	$Mr(C_xH_y) = 22,4 \cdot 4,42 = 99$
2. Відношення атомів Карбону, Гідрогену і Хлору дорівнює відношенню кількості їх речовин	$x:y:z = \frac{24,24}{12} : \frac{4,04}{1} : \frac{71,71}{35,5},$ $xC : yH : zCl = 2 : 4 : 2.$
3. Найпростіша формула речовини	$C_2H_4Cl_2$
4. Її відносна молекулярна маса	$Mr(C_2H_4Cl_2) = 99$
5. Отже, найпростіша формула сполуки співпадає з її істинною формулою	
Відповідь:	Молекулярна формула речовини: $C_2H_4Cl_2$ – дихлоретан.

2.5.2. Виведення формули речовини за молекулярною масою

Задача 3

Молекулярна маса алкану 30 г/моль. Вивести формулу цієї сполуки.

Розв'язок

Дано:

$$M(C_nH_{2n+2}) = 30 \text{ г/моль.}$$

$C_xH_y - ?$

1. Загальна формула алканів C_nH_{2n+2} . Використавши молярні маси Карбону і

$$M(C_nH_{2n+2}) = nMr(C) + 2nMr(H) + 2,$$

$$M(C_nH_{2n+2}) = 12n + 2n + 2$$

Гідрогену, виводимо загальний вираз для молярної маси сполуки

2. Знаходимо формулу алкану (розв'язуємо рівняння з одним невідомим)

$$\begin{aligned}12n + 2n + 2 &= 30, \\14n + 2 &= 30, \\14n &= 30 - 2, \\n &= 28/14=2\end{aligned}$$

Відповідь:

C_2H_6 – Етан.

Завдання для самоконтролю

1. Визначте формулу насиченого вуглеводню, густина пари якого за вод-нем 43. Наведіть структурні формули двох його гомологів, і двох ізомерів. Дайте їм назву за ІЮПАК-номенклатурою.
2. Густина парів алкану 3,21 г/л (н. у.). Вивести істинну формулу.
3. Виведіть формулу газуватого алкану, якщо його об'єм 5,6 л має масу 4 г.
4. Виведіть формулу насиченого вуглеводню, масова частка Карбону у якому 92,3%, Гідрогену – 7,7%. Густина пари цієї речовини за вуглекислим газом дорівнює 1,77.
5. Виведіть формулу вуглеводню за такими даними: W(C) дорівнює 84,51%, а відносна густина за киснем – 4,44.
6. Виведіть формулу галогенпохідного алкану, якщо масова частка Карбону – 51,89%, Гідрогену – 9,73, Хлору – 38,38%. Відносна густина пари речовини за повітрям 3,19.

Тестові завдання

1. Визначте хімічну формулу алкану, 5,6 л (н. у.) якого мають масу 7,5 г:
а) C_4H_{10} ;
б) CH_4 ;
в) C_2H_6 ;
г) C_6H_{14} .
2. Визначте кількість атомів Карбону у молекулі парафінового вуглеводню, відносна молекулярна маса якого дорівнює 58:
а) 3; б) 4; в) 5; г) 6.

3. Визначте кількість атомів Гідрогену у молекулі сполуки вуглеводного ряду метану, відносна молекулярна маса якого 44:
а) 4; б) 6; в) 8; г) 10.
4. Обчисліть кількість теплоти (кДж), яка виділяється при спалюванні 2 моль метану, якщо тепловий ефект горіння метану складає 890 кДж/моль:
а) 890; б) 2670; в) 445; г) 1780.

2.6. НЕНАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ. АЛКЕНИ

2.6.1. Класифікація ненасичених вуглеводнів

Вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону утворюють подвійні або потрійні зв'язки, називають ненасиченими.

За кількістю і характером кратних зв'язків їх поділяють на такі гомологічні ряди:

Схема 4



Алкени – етиленові вуглеводні – містять подвійний ($-C=C-$) зв'язок. Загальна формула алкенів C_nH_{2n} .

Алкадієни – дієнові вуглеводні – містять два подвійні зв'язки ($-C=C-C=C-$). Загальна формула алкадієнів C_nH_{2n-2} .

Алкіни – ацетиленові вуглеводні – містять потрійний ($-C\equiv C-$) зв'язок. Загальна формула алкінів C_nH_{2n-2} .

Арени – ароматичні вуглеводні – містять так званий ароматичний (⌬) зв'язок. Загальна формула аренів C_6H_{2n-6} .

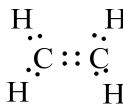
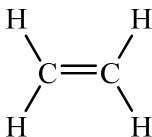
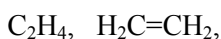
Алкени

Алкени – ненасичені вуглеводні, у молекулах яких між двома атомами Карбону міститься один подвійний зв'язок.

Їх часто називають *етиленовими вуглеводнями* (від назви першого представника гомологічного ряду), а іноді – *олефінами*, оскільки нижчі алкени, вступаючи у реакцію з хлором і бромом, утворюють оліїсті, нерозчинні у воді сполуки (франц. *olefiant* – маслородний).

2.6.2. Будова молекули етену

Типовим представником алкенів є етен (етилен):



Отже, молекула етилену містить по два атоми Карбону і чотири атоми Гідрогену. У кожного атома Карбону, що входить до складу молекули, гібридується одна *s*- і дві *p*-орбіталі, а одна *p*-орбіталь залишається у «чистому» вигляді (див. рис. 14). Такий стан атомних орбіталей Карбону називається *sp²-гібридизацією*.

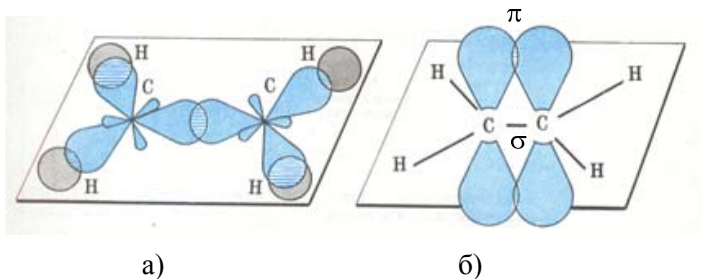


Рис. 14. Схеми утворення зв'язків у молекулі етену
а) утворення σ -зв'язку; б) утворення π -зв'язку

Гібридні орбіталі кожного атома Карбону утворюють σ -зв'язки (два $\text{C} - \text{H}$ і один $\text{C} - \text{C}$). Молекула етену утворює п'ять σ -зв'язків, які розміщені в одній площині і утворюють між собою кут 120° . При такій конфігурації молекули кут 120° забезпечує максимальну відда-леність гібридизованих електронних орбіталей.

Негібридизовані (чисті) p -електрони утворюють ще один зв'язок між обома атомами Карбону. Орбіталь такого електрона має вигляд симетричної об'ємної вісімки, а утворений π -зв'язок між двома p -орбітальми розміщується перпендикулярно площині розміщення σ -зв'язків.

Дані фізико-хімічного аналізу встановили, що π -зв'язок між атомами Карбону не є простим подвоєнням простого $C - C$ зв'язку. π -Зв'язок утворюється внаслідок незначного бічного перекривання електронних хмар поза площиною атомних ядер. Це головна причина, чому цей зв'язок слабший у порівнянні з σ -зв'язком. Він легше розривається, більш рухливий під впливом заряджених частинок.

Довжина і енергія простого зв'язку $C - C$ дорівнює 0,154 нм і 350 кДж/моль; довжина і енергія подвійного $C = C$ зв'язку – 0,134 нм і 620 кДж відповідно. З цього випливає, що енергія подвійного зв'язку є меншою від подвоєного значення енергії одинарного зв'язку ($350 \cdot 2 = 700$ кДж/моль). Це зумовлено меншою енергією π -зв'язку.

2.6.3. Гомологічний ряд алкенів

Про хімічний склад і назви перших представників гомологічного ряду алкенів можна ознайомитись з табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Порівняльна таблиця назв складу і назв деяких представників алканів і алкенів

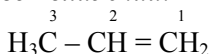
Алкани, C_nH_{2n+2}		Алкени, C_nH_{2n}		
Назва	Формула	Назва	Формула	Структурна формула
Метан	CH_4			
Етан	C_2H_6	етен, етилен	C_2H_4	$H_2C = CH_2$
Пропан	C_3H_8	пропен, пропілен	C_3H_6	$H_3C - CH = CH_2$
Бутан	C_4H_{10}	бут-1-ен	C_4H_8	$H_3C - CH_2 - CH = CH_3$
		бут-2-ен		$H_3C - CH = CH - CH_3$
		2-метилпроп-1-ен		$H_3C - \underset{\substack{ \\ CH_3}}{C} = CH_2$

2.6.4. Номенклатура та ізомерія

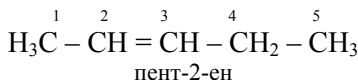
За ІЮПАК-номенклатурою назви алкенів походять від назв відповідних алканів з різницею, що у кожній назві суфікс *-ан* змінюється на *-ен*.

Даючи сполучі назву потрібно дотримуватись таких правил:

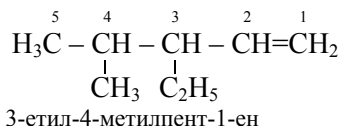
- ◆ Головним вважається ланцюг, який містить подвійний зв'язок.
- ◆ Атоми Карбону нумерують від того кінця карбонового ланцюга, до якого подвійний зв'язок ближчий:



- ◆ Положення подвійного зв'язку вказують у назві сполуки цифрою після кореня перед суфіксом *-ен*. До і після цифри потрібно використовувати префікси:



- ◆ Для алкенів з розгалуженим карбоновим ланцюгом назви замісників ($-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$, $-\text{Cl}$ тощо) вказують у такій послідовності як і для алканів, наприклад:



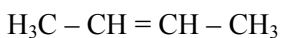
У різних підручниках і посібниках ще донедавна цю сполуку називали: 3-етил, 4-метилпентен-1 або 3-етил-4метил-1-пентен.

➤ Напишіть напівструктурні формули таких алкенів:

- 3-метилбут-2-ен;
- 2-етилпент-1-ен;
- 2-метилпроп-1-ен.

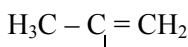
Алкенам властиві два види ізомерії: структурова і геометрична.

Структурова ізомерія починається з бутену. Розрізняють дві різновидності структурової ізомерії – ізомерію карбонового ланцюга:



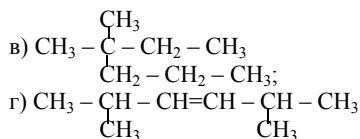
бут-2-ен

і



CH₃

2-метилпроп-1-ен



9. У яких сполуках, названих нижче, можлива *цис*-, *транс*-ізомерія:
- а) гекс-1-ен;
 - б) пент-2-ен;
 - в) 2,3-диметилпент-2-ен;
 - г) 2-метилбут-2-ен?
10. Вуглеводень належить до гомологічного ряду алкенів. Визначте його молекулярну формулу, знаючи, що 0,42 г може приєднати 0,16 г бромів.
11. Масові частки елементів у складі алкену становлять: Карбону – 85,71%, Гідрогену – 14,29%. Густина пари за воднем – 42. Установіть формулу алкену, напишіть усі можливі напівструктурні формули ізомерів і дайте їм назву.
12. При згорянні 1 л газуватого вуглеводню, що знебарвлює розчин перманганату калію, витрачено 4,5 л кисню, при цьому утворилось 3 л вуглекислого газу. Дайте назву вуглеводню, складіть його структурну формулу, якщо усі об'єми газів виміряні за однакових умов.
13. Яка сіль і якої маси утвориться, якщо карбон (IV) оксид, одержаний при спалюванні етану об'ємом 4,48 л, пропустили через розчин натрій гідроксиду об'ємом 8,96 л густиною 1,14 г/см³ з масовою часткою лугу 12%?

Тестові завдання

- Визначте загальну формулу сполуки гомологічного ряду, представником якого є пентен:
 - а) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$;
 - б) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$;
 - в) C_nH_{2n} ;
 - г) C_nH_{n+2} .
- Визначте кількість σ -зв'язків у молекулі пропену:
 - а) 1; б) 7; в) 6; г) 8.
- Обчисліть об'єм водню (в л за н.у.), який приєднує етен масою 11,2 г.
 - а) 22,4 л; б) 44,8 л; в) 5,6 л; г) 11,2 л.
- Виберіть твердження щодо алкену, який містить 85,71% Карбону за масою:
 - а) молекула має п'ять σ -зв'язків;
 - б) молекула містить два атоми Карбону;
 - в) хімічна формула C_3H_6 ;
 - г) сировина для одержання поліетилену.

2.7. ВЛАСТИВОСТІ, ДОБУВАННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ АЛКЕНІВ

2.7.1. Фізичні властивості

Перші три представники гомологічного ряду етилену (C_2-C_4) – газ, наступні – C_5-C_{15} – рідини, починаючи з C_{16} – тверді речовини. Алкени погано розчиняються у воді, але набагато краще, ніж алкани розчиняються в органічних розчинниках.

З фізичними властивостями перших представників гомологічного ряду алкенів можна познайомитись, використавши таблицю 2.5.

Таблиця 2.5

Фізичні властивості деяких алкенів
(не для запам'ятовування, а для загальної орієнтації)

Назва алкену	Формула	$t_{пл}, ^\circ C$	$T_{кип}, ^\circ C$
Етен	C_2H_4	-169,1	- 403,7
Пропен	C_3H_6	-187	- 47,7
Бут-1-ен	C_4H_8	- 185,3	- 6,3
Цис-бут-2-ен	C_4H_8	-138,9	3,7
Транс-Бут-2-ен	C_4H_8	-105,5	0,9

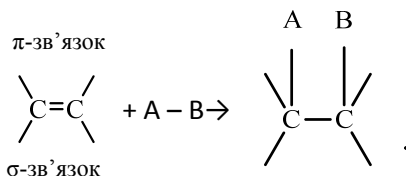
Отже, алкени нормальної будови мають вищу точку кипіння від їх ізомерів з розгалуженою будовою.

Температура кипіння *транс*-ізомерів нижча, ніж *цис*-ізомерів, а температура плавлення – навпаки.

2.7.2. Хімічні властивості

Хімічні властивості алкенів зумовлені наявністю подвійного карбон-карбонowego (>C=C<) зв'язку. Ви пам'ятаєте, що до складу подвійного зв'язку входять σ - і π -зв'язки.

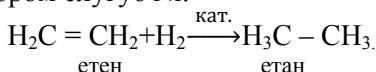
Електрони π -зв'язку рухливіші, ніж електрони σ -зв'язку. Причини: вони більш віддалені від атомних ядер, їх енергія менша, ніж енергія σ -зв'язку. На розрив σ -зв'язку потрібно витратити 341,9 кДж, а на π -зв'язок – 269,8 кДж/моль. Отже, більшість хімічних реакцій алкенів пов'язано з розривом π -зв'язку. За місцем розриву проходить реакція приєднання атомів і атомних груп. Наслідком такого приєднання є насичена сполука:



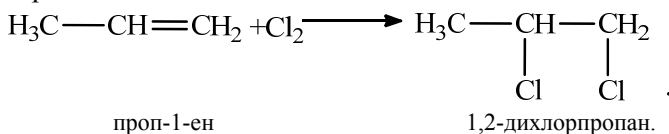
Для алкенів характерні реакції *приєднання, окиснення і полімеризації*.

Реакції приєднання

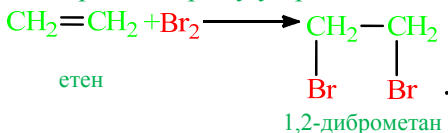
- *Реакція гідрування (гідрогенізації)* – реакція приєднання водню. Процес протікає при кімнатній температурі і за присутності каталізатора (Pt, Pd) або ж при помірному нагріванні, якщо каталізатором слугує Ni:



- *Реакція галогенування* – приєднання галогенів ($\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$) з утворенням *дигалогенопохідних*:



Алкени знебарвлюють розчин бром у бромній воді.

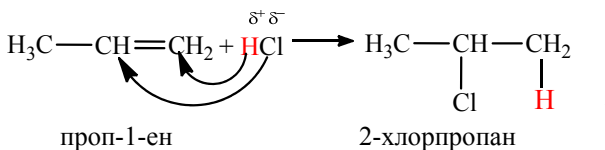


Розчин бром у воді називають *бромною водою*.

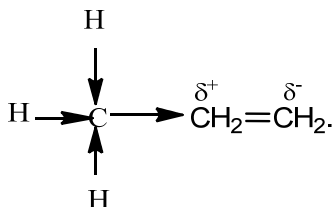
Бромна вода є реактивом на алкени.

- *Приєднання галогеноводнів*. Реакція проходить за правилом Марковникова:

під час взаємодії полярних молекул (HCl , HBr , HI , HOH , HCN тощо) з несиметричними алкенами ($\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$) атом Гідрогену приєднується до найбільш гідрогенізованого атома Карбону, тобто до того, біля якого є найбільше атомів Гідрогену.

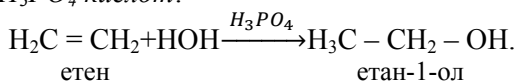


Приєднання Гідрогену до крайнього атома Карбону залежить від перерозподілу густини усередині самої молекули вуглеводню. Під впливом метильної групи $-CH_3$ у молекулі алкенів відбувається зсув електронної орбіталі π -зв'язку у бік крайнього ненасиченого атома Карбону:

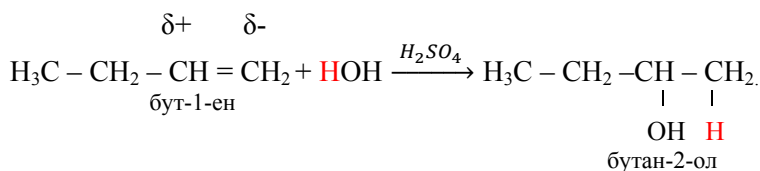


Молекула алкену при цьому має зміщену електронну густину до крайнього атома Карбону. Це і є визначальним фактором у напрямку реакції.

- **Реакція гідратації** – приєднання води до ненасичених сполук з утворенням спиртів у присутності сульфатної H_2SO_4 або ортофосфатної H_3PO_4 кислот:



Якщо алкен є гомологом етену (етилену), молекула води приєднується за правилом Марковникова:



Реакції окиснення

Реакції окиснення для алканів проходять різними способами.

- **Часткове (м'яке) окиснення** відбувається при дії розведеного водного розчину перманганату калію $KMnO_4$ (реакція Є. Вагнера, 1888 р. , див. стор. 77) з утворенням гліколів (двоатомних спиртів).

При цьому розчин $KMnO_4$ фіалкового кольору знебарвлюється, випадає коричневий осад манган (IV) оксиду:



Розчин калій перманганату, як і бромна вода, є реактивом на ненасичені вуглеводні.



Єгор Єгорович Вагнер
(1849-1903)

російський хімік

25 р. учений віддав педагогічній роботі на кафедрі аналітичної хімії Петербурзького університету. Одним з основних напрямів наукової діяльності ученого являвся синтез вторинних (ізомерних) спиртів

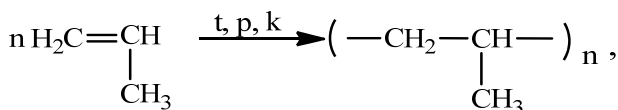
- При більш жорсткому окисненні алканів (HNO_3 , CrO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, озонуванні або ж дією синтез-газом) отримують альдегіди, кетони чи карбонові кислоти.
- Повне окиснення (горіння) призводить до повного руйнування молекул алкену з утворенням CO_2 і H_2O .

➤ Напишіть рівняння реакцій горіння етилену і пропілену, розставте коефіцієнти.

Реакції полімеризації

Процес одержання високомолекулярної сполуки, у якому молекула полімеру (макромолекула) утворюється шляхом послідовного присєднання молекул ненасиченої низькомолекулярної речовини (мономера) до активних центрів, які знаходяться на обох кінцях зростаючого ланцюга, називається реакцією полімеризації.

Полімер складається з багатьох структурних (мономерних) ланок, які багаторазово (n разів) повторюються. Так, наприклад, пропілен при підвищеному тиску, температурі і наявності каталізатора утворює поліпропілен:



де n – ступінь полімеризації.

2.7.3. Способи добування

Алкени у природі майже не зустрічаються (*дайте пояснення причин цього явища*). Враховуючи, що етен C_2H_4 , пропен C_3H_6 , бутен C_4H_8 використовують як мономері для синтезу поліетилену, поліпропілену та деяких каучуків, добування алкенів має велике практичне значення.

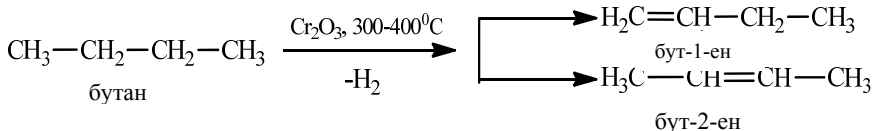
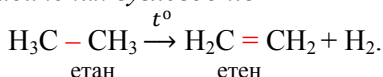
Промислові методи добування:

❖ Крекінг алканів

Крекінгу піддають фракції нафти, що містять високомолекулярні алкани:

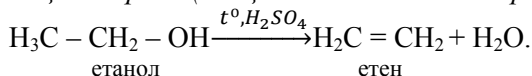


❖ Дегідрування насичених вуглеводнів

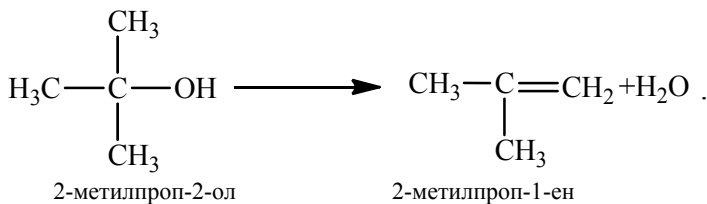


Лабораторні методи добування алкенів

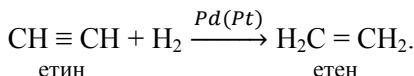
❖ Дегідратація спиртів (відщеплення води від спиртів)



Особливо легко піддаються дегідратації третинні спирти:

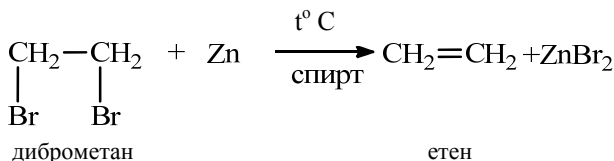


❖ *Гідратування алкінів*



❖ *Дигалогенування дигалогенопохідних*

На дигалогенопохідні діють цинковим пилом у спиртовому розчині при нагріванні:

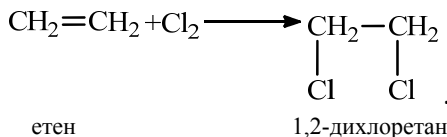


2.7.4. Застосування алкенів

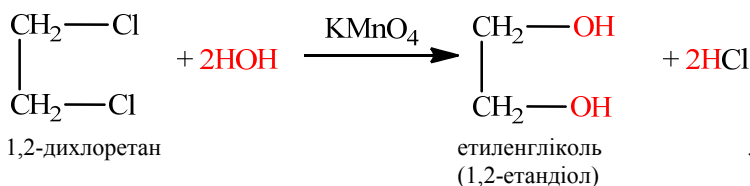
Алкени – хімічно активні сполуки. Цей фактор використовується для синтезу багатьох органічних речовин.

З цією метою найчастіше використовують *етен (етилен)*.

Взаємодією етену з хлором добувають *1,2-дихлоретан*:

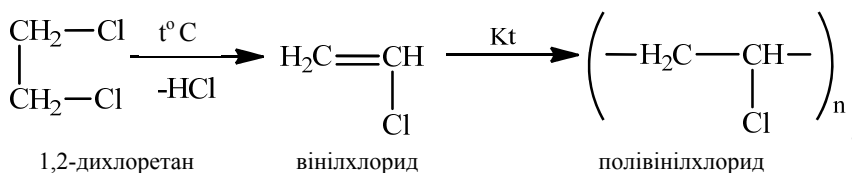


🚦 *Дихлоретан* – добрий розчинник багатьох органічних речовин. Як речовину, що згубно діє на живі організми, дихлоретан використовують для знезараження зерносховищ, у боротьбі з філоксерою винограду тощо. Гідролізом дихлоретану у присутності калій перманганату добувають *гліколи*:



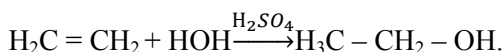
✚ *Етиленгліколь* використовують для виробництва вибухових речовин, розчинників, синтезу синтетичних волокон, як антифриз.

Дихлоретан використовують як вихідну сировину для добування *полівінілхлориду*:



✚ *Полівінілхлорид* використовують для виробництва штучної шкіри, лінолеуму, труб, волокон, як електроізоляційний матеріал, а також у щелепно-лицевій хірургії.

Приєднанням води до етену добувають *етиловий спирт (етанол)*



✚ *Етанол* у великих кількостях витрачають на добування бутадієну, бутадієнового каучуку, ізооктану.

✚ Реакціями полімеризації етилену і пропілену добувають *поліетилен і поліпропілен*.

✚ З *поліетилену* виготовляють пакувальну плівку і плівку для теплиць, каналізаційні труби, використовують як електроізоляційний матеріал.

✚ *Поліпропілен* також має широке практичне використання. Це – виробництво волокон, деталей апаратури, предметів побуту тощо.

Тестові завдання

1. Вкажіть іменне правило, за яким відбувається реакція гідрогенгалогенування алкенів:
а) Зайцева;
б) Кучерова;
в) Вюрца;
г) Марковникова.
2. Яким способом можна добути етилен в лабораторії:
а) взаємодією 2-х молекул етилового спирту;
б) дегідратацією етилового спирту;
в) повним окисненням етану;
г) дегідруванням алканів?
3. Обчисліть об'єм водню (в л за н. у.), який приєднує етен об'ємом 5 л:
а) 5,0; б) 11,2; в) 10,0; г) 22,4.
4. Виберіть твердження щодо алкену, який містить 85,7% Карбону за масою:
а) хімічна формула C_3H_6 ;
б) сировина для одержання поліпропілену;
в) молекула містить два атоми Карбону;
г) молекула має п'ять σ -зв'язків.

Завдання містить кілька правильних відповідей.

2.8. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НА ЗНАХОДЖЕННЯ ФОРМУЛИ ОРГАНІЧНОЇ СПОЛУКИ ЗА МАСОЮ, ОБ'ЄМОМ ТА КІЛЬКІСТЮ РЕЧОВИНИ – ПРОДУКТАМИ ЇХ ЗГОРЯННЯ

Задача 1. При спалюванні вуглеводню масою 0,68 г добули вуглекислий газ масою 2,20 г і воду масою 0,72 г. Відносна густина парів речовини за азотом дорівнює 2,43. Вивести формулу невідомої сполуки.

Розв'язок

$m(p\text{-ни}) = 0,68 \text{ г}$	
$D(N_2) = 2,43$	
$m(CO_2) = 2,20 \text{ г}$	
$m(H_2O) = 0,72 \text{ г}$	
$C_xH_y - ?$	

1. Знаходимо молекулярну невідомого вуглеводню	відносну масу	$D(N_2) = \frac{Mr(X)}{Mr(N_2)}, \text{ звідки}$ $Mr(C_xH_y) = Mr(N_2) \cdot D(N_2),$ $Mr(C_xH_y) = 28 \cdot 2,43 = 68$
2. Розраховуємо масу Карбону, який з речовини масою 0,68 г перейшов у Карбон (IV) оксид масою 2,20 г		$Ar(C) = 12; Mr(CO_2) = 44,$ $\text{у } 44 \text{ г } CO_2 \text{ міститься } 12 \text{ г } C$ $\text{у } 2,20 \text{ г } CO_2 \text{ міститься } x \text{ г } C$ $x = \frac{2,20 \cdot 12}{44} = 0,6 \text{ г}$
3. Розраховуємо масу Гідрогену, який з речовини масою 0,68 г перейшов у воду масою 0,72 г		$Ar(H) = 1; Mr(H_2O) = 18,$ $\text{у } 18 \text{ г } H_2O \text{ міститься } 2 \text{ г } H$ $\text{у } 0,72 \text{ г } H_2O \text{ міститься } y \text{ г } H$ $y = \frac{0,72 \cdot 2}{18} = 0,08 \text{ г}$
4. Підведемо баланс мас атомів Карбону і Гідрогену, що відповідає масі вихідної речовини:		$0,6 \text{ г } (C) + 0,08 \text{ г } (H) = 0,68 \text{ г}$
5. Знаходимо молярне співвідношення елементів у формулі невідомої сполуки:		$x:y = \frac{0,6}{12} : \frac{0,08}{1},$ $x:y = 0,05:0,08 \text{ або } 5:8$
6. Запишемо формулу і визначимо відносну молекулярну масу вуглеводню:		$Mr(C_5H_8) = 68$ <p>Відносні молекулярні маси співпали</p>
Відповідь:		C_5H_8 – Пентин

Задача 2. При спалюванні вуглеводню масою 8,8 г у кисні виділився Карбон (IV) оксид об'ємом 13,44 л і вода масою 14,4 г. Густина речовини за нормальних умов 1,97 г/л. Визначте формулу сполуки.

Розв'язок:

$m(p\text{-ни}) = 8,8 \text{ г}$
 $\rho(p\text{-ни}) = 1,97 \text{ г/л}$
 $V(CO_2) = 13,44 \text{ л}$
 $m(H_2O) = 14,4 \text{ г}$

$C_xH_y - ?$

- | | |
|--|--|
| 1. Знаходимо відносну молекулярну масу невідомого вуглеводню | $Mr(C_xH_y) = V_m \cdot \rho,$ $Mr(C_xH_y) = 22,4 \cdot 1,97 = 44$ |
| 2. Розраховуємо кількість речовини Карбону, який з речовини масою 8,8 г перейшов у карбон (IV) оксид об'ємом 13,44 л | $Ar(C) = 12, V_m = 22,4 \text{ моль/л}$ $N(CO_2) = \frac{13,44}{22,4} = 0,6 \text{ моль},$ $N(C) = 0,6 \text{ моль}$ |
| 3. Розраховуємо кількість речовини Гідрогену, який з речовини, масою 8,8 г перейшов у воду масою 14,4 г | $N(H): 2v(H_2O); v = \frac{m}{M},$ $v(H_2O) = \frac{14,4}{18} = 0,8 \text{ моль},$ $v(H) = 1,6 \text{ моль}$ |
| 4. Виводимо найпростішу формулу | $x:y = 0,6:1,6 = 1:2,7 = 3:8$ |
| 5. Визначаємо молекулярну масу сполуки | $Mr(C_3H_8) = 44$ |

Відповідь: C_3H_8 – Пропан.

Задача 3. При спалюванні речовини масою 0,72 г утворився Карбон (IV) оксид масою 2,2 г і вода масою 1,08 г. Густина парів речовини за повітрям дорівнює 2,48. Вивести формулу речовини.

Розв'язок:

$$m(p\text{-ни}) = 0,72 \text{ г}$$

$$m(CO_2) = 2,2 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = 1,08 \text{ г}$$

$$D_{(пов.)} = 2,48$$

$C_xH_y - ?$

- | | |
|--|--|
| 1. Знаходимо масу Карбону, який перейшов у карбон (IV) оксид | $Ar(C) = 12, Mr(CO_2) = 44.$ $\text{у } 44 \text{ г } CO_2 \text{ міститься } 12 \text{ г } C,$ $\text{у } 2,2 \text{ г } CO_2 \text{ міститься } x \text{ г } C,$ $x = \frac{2,2 \cdot 12}{44} = 0,6 \text{ г}$ |
|--|--|

2. Знаходимо масу Гідрогену, який перейшов у воду	$A_r(\text{H}) = 1, M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$ у 18 г H_2O міститься 2 г H , у 1,08 г H_2O міститься x г H , $x = \frac{1,08 \cdot 2}{18} = 0,12 \text{ г}$
3. Підводимо баланс мас атомів	$0,72 - (0,6 + 0,12) = 0$ Отже, вихідна речовина вуглеводень C_xH_y .
4. Знаходимо відносну молекулярну масу вихідної речовини	$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = M_r(\text{пов.}) \cdot D$, $M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 29 \cdot 2,48 = 72$
5. Знаходимо число атомів Карбону	$0,72 \text{ г } \text{C}_x\text{H}_y - 2,2 \text{ CO}_2$, $72 \text{ г} - 44x \text{ CO}_2$, $\frac{44x}{22} : \frac{72}{7,2},$ $44x = \frac{72 \cdot 2,2}{0,72},$ $44x = 220,$ $x = 5$
6. Знаходимо число атомів Гідрогену	$y = \frac{M_r(\text{C}_x\text{H}_y) - A_r(\text{C} \cdot x)}{A_r(\text{H})},$ $y = \frac{72 - (12 \cdot 5)}{1} = 12$
Відповідь:	C_5H_{12} – Пентан.

Завдання для самоконтролю

1. При спалюванні вуглеводню добули карбон (IV) оксид об'ємом 16,8 л і воду масою 13,5 г. Густина вуглеводню за воднем 21. Вивести формулу невідомої речовини.
2. При спалюванні 17,6 г вуглеводню утворилось 52,8 г CO_2 . Маса одного літра речовини (н. у.) 1,96 г. Яка молекулярна формула вуглеводню?
3. При спалюванні 11,2 л органічної речовини утворилось 33,6 л карбону (IV) оксиду (н. у.) і 36 г води. Відносна густина пари

- речовини за вуглекислим газом – 1. Встановіть молекулярну формулу невідомої речовини.
4. При спалюванні органічної речовини масою 1,8 г добули вуглекислий газ масою 2,64 г і воду масою 1,08 г. Вивести формулу речовини, якщо відносна молекулярна маса її 180.
 5. Унаслідок спалювання вуглеводня об'ємом 11,2 л утворився карбон (IV) оксид об'ємом 33,6 л і вода масою 27 г. Визначіть хімічний склад молекули, якщо її густина при н.у. дорівнює 1,96 г/л.
 6. При спалюванні 0,2 моль вуглеводню утворилось 1 моль вуглекислого газу і 0,6 моль води. Знайдіть формулу сполуки.

2.9. ДІСНОВІ ВУГЛЕВОДНІ (АЛКАДІЄНИ)

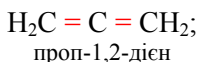
Дісновими вуглеводнями (алкадієнами) називають ненасичені вуглеводні, у молекулах яких є два подвійні $C = C$ зв'язки.

Їх склад можна виразити загальною формулою C_nH_{2n-2} .

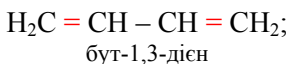
2.9.1. Класифікація алкадієнів

За порядком розміщення подвійних зв'язків у молекулі алкадієни поділяють на три типи:

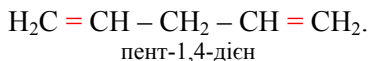
а) алкадієни з так званими *кумуляованими* зв'язками (*алени*):



б) алкадієни з *спряженими* зв'язками (подвійні зв'язки у молекулі дієну відокремлені простим зв'язком):



в) алкадієни з *ізольованими* зв'язками (подвійні зв'язки ізольовані один від одного двома і більше одинарними зв'язками):



У подальшому розглянемо детальніше представників спряжених алкадієнів: це бут-1,3-дієн або *дивініл* (газ, який легко скраплюється

при $-0,5^{\circ}\text{C}$) і 2-метилбут-1,3-дієн або *ізопрен* (легкокипляча речовина добре розчинна у спирті).

2.9.2. Будова молекул

Методом електронографії встановлено, що подвійні зв'язки у молекулі дивінілу $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ між C_1 і C_2 , а також між C_3 і C_4 довші за звичайний $\text{C} = \text{C}$ -зв'язок (0,137 нм, при довжині в алкенів 0,134 нм), а простий $\text{C} - \text{C}$ - зв'язок коротший (0,148 нм, при довжині у алканів 0,154 нм).

Молекула дивінілу має плоску будову: усі чотири атоми Карбону і шість атомів Гідрогену розміщені в одній площині. При цьому два π -зв'язки утворюють спільну електронну хмару бічним перекриванням другого і третього атомів Карбону.

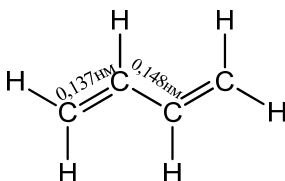


Рис.15. Схема будови молекули дивінілу

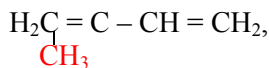
2.9.3. Ізомерія і номенклатура

Для алкадієнів характерні два види ізомерії – структурна і просторова.

Структурна ізомерія торкається карбонового ланцюга, який може бути прямим і розгалуженим, наприклад:



пент-1,3-дієн
(прямий ланцюг)

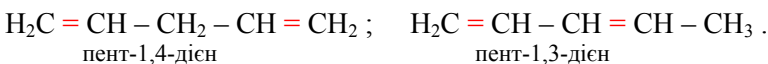


2-метилбут-1,3-дієн
(розгалужений ланцюг)

а також розміщення у карбоновому ланцюзі подвійних зв'язків:

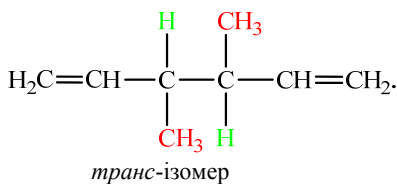
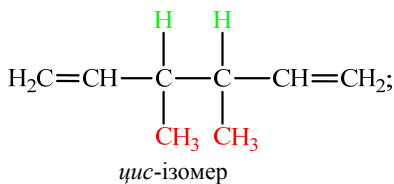


пент-1,4-дієн



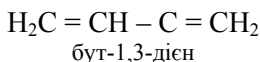
пент-1,3-дієн

Прикладом **просторової** ізомерії можуть бути два просторові ізомери дієнів з молекулярною формулою C_8H_{14} :



Назву алкадієну дають, зберігаючи таку послідовність:

- ♦ Головним може бути той карбоновий ланцюг, що містить обидва подвійні зв'язки;
- ♦ Нумерацію атома Карбону проводити з того кінця, де сума номерів подвійних зв'язків буде мінімальною;
- ♦ У назві відповідного алкадієна змінюють закінчення **-ан** на **-дієн** і вказують цифрами положення подвійних зв'язків у головному ланцюзі, наприклад:

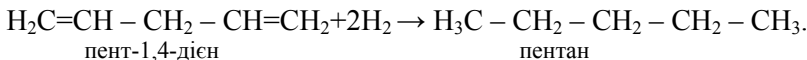


2.9.4. Хімічні властивості

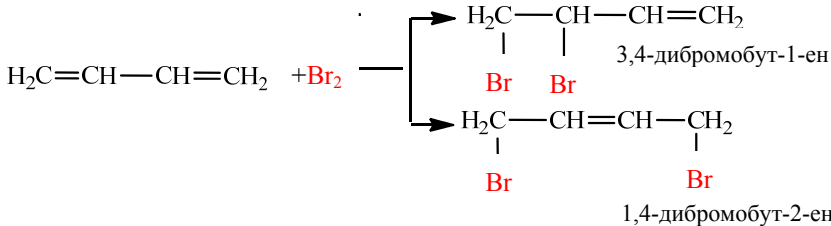
Для алкадієнів, як і для алкенів, характерні реакції приєднання і полімеризації.

• Реакції приєднання

Дієни з *ізольованими* подвійними зв'язками вступають у реакції приєднання Гідрогену, галогенів та галогеноводнів як звичайні ненасичені вуглеводні:



Реакції, у яких беруть участь дієни зі *спряженими* зв'язками, протікають у двох напрямках: за місцем розриву одного з подвійних зв'язків – так зване 1,2-приєднання і за місцем розриву обох подвійних зв'язків – 1,4-приєднання:

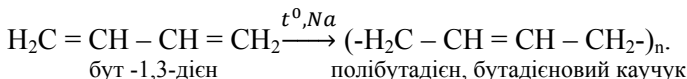


Масова частка виходу 1,2- і 1,4- продуктів залежить від природи речовини, наявності окремих каталізаторів, температури та інших умов перебігу реакцій.

➤ При достатній кількості галогену молекули обох продуктів реакцій можуть приєднати за місцем подвійного зв'язку ще по одній молекулі бром. Складіть рівняння цих реакцій, назвіть сполуки, що утворились.

- **Реакція полімеризації**

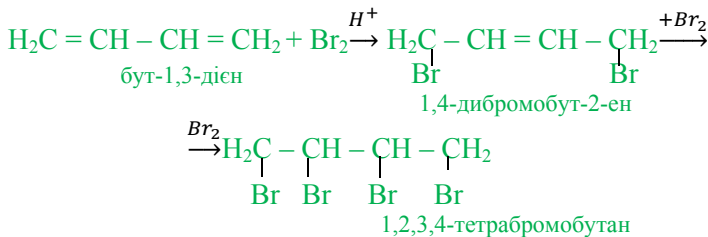
Під впливом світла, каталізаторів або спонтанно дієнові вуглеводні можуть полімеризуватись. Схематично реакцію полімеризації бут-1,3-дієну (дивінілу), що відбувається за напрямком 1,4-приєднання у присутності каталізатора Na, запишемо так:



Макромолекули таких полімерів являють собою довгі карбонові ланцюги з ізольованими подвійними зв'язками, які повторюються через кожні чотири атоми Карбону.

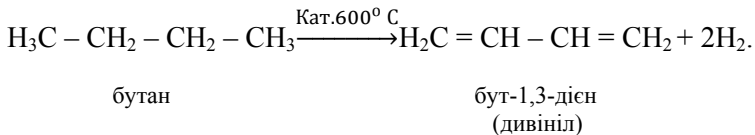
- *Якісні реакції алкадієнів*

Алкадієни, подібно до алкенів, виявляють за знебарвленням бромної води і розчину калій марганату(VII) у кислому середовищі:

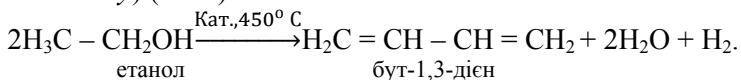


2.9.5. Добування алкадієнів

- ❖ *Каталітичне дегідрування алканів.* Дивініл одержують з бутану:



- ❖ Одержання дивінілу з етилового спирту за реакцією Лебедева (одночасне дегідрування і дегідратация етанолу) (1932):



2.9.6. Натуральний каучук



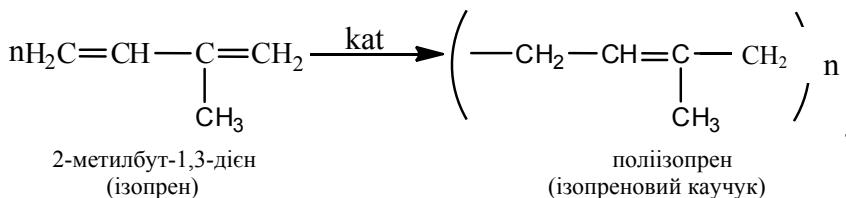
Рис. 16. Добування латексу з гевеї

Натуральний каучук добувають з молочного соку деяких каучуконосних рос-лин: *гевеї*, *кок-сагизу*, *тау-сагизу*, *гваюли* тощо.

Для одержання каучука на корі дерева роблять надрізи. Молочний сік, який виділяється з надрізів, називається *латексом*. Латекс є водним колоїдним розчином каучука. При обкурюванні димом, нагріванні або дії кислоти він піддається коагуляції. При цьому каучук відокремлюють від води і сушать.

Натуральний каучук – еластичний матеріал. При дії навіть незначних зовнішніх сил він може розтягатись, стискатися, а при припиненні цих дій – відновлювати попередню форму.

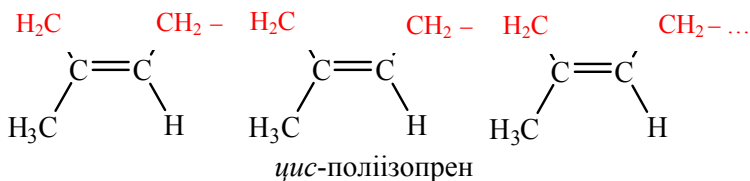
Крім того, натуральний каучук дуже міцний матеріал, водо- і газонепроникний, добре розчиняється у неполярних розчинниках (бен-зині, бензені тощо). Мономером натурального каучука є ізопрен – 2-метил-бут-1,3-дієн:



Макромолекула натурального каучука ($n = 400-2500$) має лінійну будову. Це означає, що мономерні фрагменти у ній розміщені у певній послідовності. Метиленові групи $-\text{CH}_2$ у молекулі каучука знаходяться у *цис*-положенні (з одного боку від подвійного $\text{C}=\text{C}$ -зв'язку):



Рис. 17. Зразки натурального каучука



З часом натуральний каучук втрачає еластичність, стає твердим і крихким.

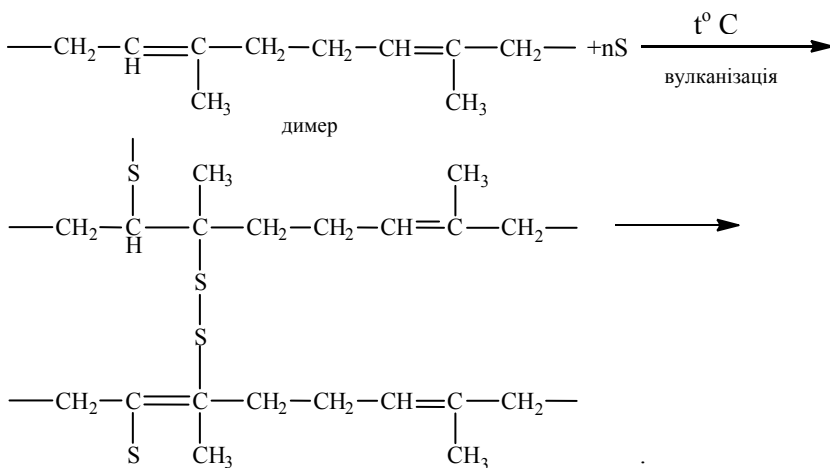
*Процес нагрівання каучука з сіркою називається **вулканізацією**.*

В процесі вулканізації утворюється гума. При цьому відбувається розрив окремих подвійних карбон-карбонів зв'язків макромолекул каучука і їх «зшивання» дисульфідними ($-\text{S}-\text{S}-$) зв'язками.

Гума еластичніша і стійкіша до змін температур, ніж натуральний каучук, не розчиняється в органічних розчинниках. Її використовують у автомобільній, авіаційній, електротехнічній галузях промисловості, у медицині.

Якщо під час вулканізації додати більшу кількість сірки (до 40%), то замість еластичної гуми утворюється твердий, міцний матеріал – *ебоніт*.

Ебоніт використовують в електротехніці як ізоляційний матеріал.



Чи відомо вам, що...

Американський хімік Чарльз Гудьєр у 1841 р. випадково упустив шматок каучука, попередньо обробленого сіркою, на нагріту піч. Наступного дня, готуючи піч для досліду, учений взяв цей шматок і виявив, що він став міцнішим. Це спостереження Ч. Гудьєра пізніше було покладено в основу процесу вулканізації гуми, за якого лінійні молекули каучука «зшиваються» сіркою у тривимірну сітку і каучук перетворюється у гуму.



Завдання для самоконтролю

1. Дайте визначення дієновим вуглеводням.
2. Складіть спрощені структурні формули можливих ізомерів ізопрену C_5H_8 .
3. Що таке вулканізація?
4. У чому відмінність між гумою і ебонітом? Підтвердіть відповідь схематичним малюнком.
5. Напишіть рівняння реакції добування дивінілу.
6. Як добути бут-1,3-дієн: а) з бутану; б) з бут-1-єну? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
7. Які реакції є якісними на вуглеводні з двома подвійними зв'язками?

8. На прикладі вуглеводнів за формулою C_7H_{12} покажіть два види ізомерії: а) ізомерію карбонового ланцюга; б) ізомерію за місцем кратних зв'язків.
9. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:
 - а) $CH_4 \xrightarrow{HCl} C_2H_6 \xrightarrow{Na} C_2H_4 \xrightarrow{H_2} C_2H_5OH \rightarrow C_4H_6 \rightarrow \text{каучук}$;
 - б) етен $\rightarrow \dots \rightarrow \dots \rightarrow$ бут-1,3-дієн.
10. Алкадієн масою 5,4 г повністю прореагував з 0,2 моль бром. Знайти молекулярну формулу вихідної сполуки.
11. Визначте, яку масу бут 1,3-дієну можна отримати з 1 л бутану (н.у.), об'ємна частка домішок у якому 5%.
12. Обчисліть, скільки кілограмів дивінілу можна одержати з 100 л етанолу, якщо масова частка спирту 96%, а густина 0,8 г/см³. Масова частка виходу дивінілу становить 75% від теоретично можливого.

Тестові завдання

1. Виберіть загальну формулу сполук гомологічного ряду, представником якого є ізопрен:
 - а) C_4H_8 ;
 - б) C_4H_6 ;
 - в) C_5H_{12} ;
 - г) C_6H_{12} .
2. Виберіть формулу елементарної ланки бутадієнового каучуку:
 - а) $(-CH_2-CH_2-)$;
 - б) $(-CH_2-CH=CH-CH_2-)$;
 - в) $(-CF-CF_2-)$;
 - г) $(-H_2C-CH=CH-CH_2-)$.
3. Вкажіть клас сполук, для яких характерні реакції полімеризації:
 - а) алкани;
 - б) циклоалкани;
 - в) дієни;
 - г) галогеналкани.
4. Виберіть твердження щодо алкадієну з густиною пари за воднем 27:
 - а) можлива сировина для одержання етанолу;
 - б) містить дев'ять σ -зв'язків;
 - в) продукт повного гідрування бутану;
 - г) на спалювання 1 л газу витрачається 5,5 л кисню.

2.10. АЛКІНИ

Алкини – ненасичені вуглеводні, молекули яких містять один потрійний ($-C \equiv C-$) зв'язок.

Слово «алкіни» походить від слова алкани, у якому згідно з систематичною номенклатурою суфікс *-ан* заміщений на *-ін*. Вони утворюють гомологічний ряд із загальною формулою C_nH_{2n-2} .

2.10.1. Будова молекули етину. Гомологічний ряд алкінів

Першим представником цього класу сполук є *етин* (ацетилен). Молекулярна формула ацетилену C_2H_2 , електронна формула $H:C :: H:H$ і структурна $H-C \equiv C-H$. Молекула етину має лінійну будову.

З чотирьох електронів кожного атома Карбону один *s*-електрон знаходиться у стані *sp*-гібридації з одним *p*-електроном, два *p*-електрони негібридизовані. Орбіталі *p*-електронів максимально віддалені одна від одної і розміщені по прямій, а кут між їх половинами складає 180° (див. рис. 18).

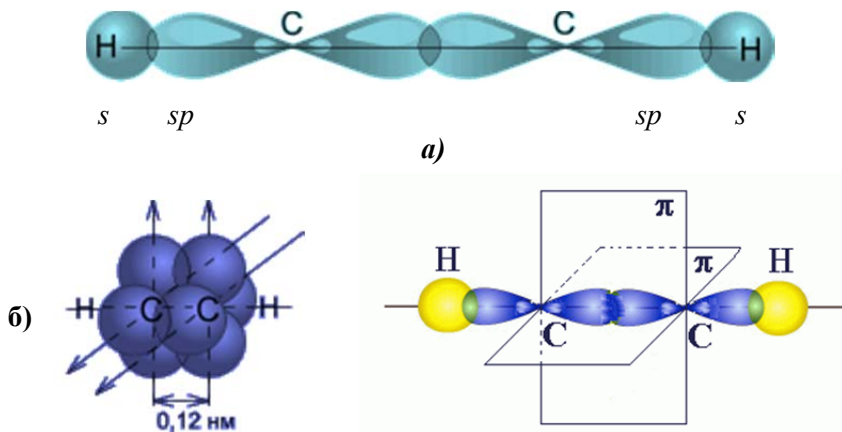


Рис. 18. Схема утворення σ і двох π -зв'язків у молекулі етину (ацетилену): а) утворення σ -зв'язків; б) утворення двох π -зв'язків негібридизованими *p*-електронами сусідніх атомів Карбону

В молекулі ацетилену є три σ -зв'язки (два C – H; один C \equiv C) і два π -зв'язки ($C \frac{\pi}{\sigma} C$).

σ -Зв'язок між атомами Карбону утворений гібридизованими *sp*-електронами, два інших – двома парами «чистих» *p*-електронів. Два π -зв'язки у молекулі етину знаходяться у взаємно перпендикулярних площинах під кутом 90°.

Поява у молекулі потрійного (– C \equiv C –) зв'язку призводить до додаткового зв'язування атомів Карбону і, як наслідок, до подальшого зменшення відстані між їхніми ядрами до 0,120 нм. Енергія потрійного зв'язку 811 кДж/моль.

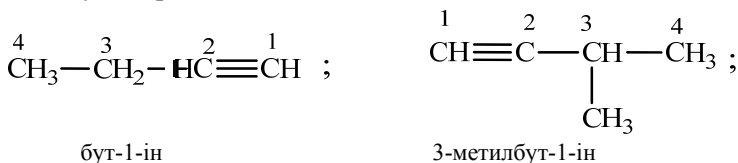
➤ Пригадайте, що відстань між атомами при одинарному зв'язку (–C–C–) становить 0,154 нм, для подвійного ($C \overset{\sigma}{\underset{\pi}{=}} C$) – 0,134 нм.

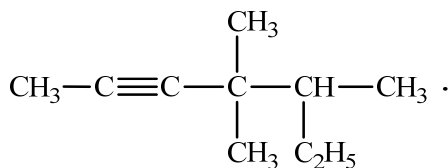
Інша назва гомологічного ряду – *ацетиленові вуглеводні*. Крім *етину* (ацетилену), у гомологічний ряд входять *пропин* C₃H₄, *бутин* C₄H₆, *пентин* C₅H₈, *гексин* C₆H₁₀, *гептин* C₇H₁₂ і інші.

Електронна будова молекули ацетилену типова і для згаданих представників гомологічного ряду. Відмінність полягає лише в тому, що гомологи етину, крім групи C \equiv C, мають інші групи (–CH₂–, –CH₃ тощо), які впливають на властивості сполук.

2.10.2. Номенклатура та ізомерія

Нагадаємо, що назви алкінів утворюються із назв відповідних насичених вуглеводнів заміною суфікса *-ан* на суфікс *-ин* (*-ін*). Якщо молекула розгалужена, головним ланцюгом вважають найдовший з них. Проте, головний ланцюг обов'язково має містити потрійний зв'язок, навіть якщо він буде не найдовшим. Нумерують атоми Карбону головного ланцюга з того краю, до якого ближче знаходиться потрійний зв'язок. Перед назвою ланцюга алкіну вказують номер (номери атомів), біля якого знаходиться замісник і його назву, наприклад:

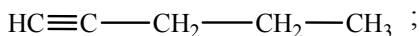




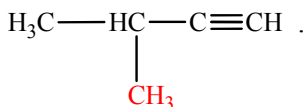
5-етил-4,4-диметилгекс-2-ін

Для алкінів характерні структурна ізомерія, ізомерія положення кратного зв'язку та міжкласова і не характерна просторова (*цис*-, *транс*-) ізомерія.

Ізомерія карбонового ланцюга

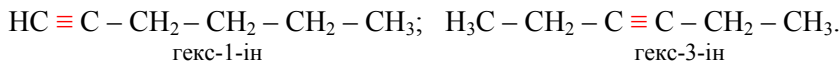


пент-1-ін
 $t_{\text{кип}} = 40^\circ \text{C}$

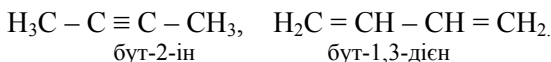


3-метилбут-1-ін
 $t_{\text{кип}} = 29,3^\circ \text{C}$

Ізомерія за місцем потрійного зв'язку



Міжкласова ізомерія



Отже, представники різних класів у даному випадку є ізомерами. Пригадайте, що загальні формули алкінів і алкадієнів однакові ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$).

Із збільшенням числа атомів Карбону у представників гомологічного ряду алкінів число їх ізомерів різко зростає. Так, наприклад, вуглеводень C_5H_8 має 3 ізомери, C_8H_{14} – 32, а $\text{C}_{12}\text{H}_{22}$ – 989 ізомерів.

2.10.3. Властивості алкінів

Фізичні властивості

За звичайних умов перші три представники гомологічного ряду алканів (C_2-C_4) – гази, C_5-C_{16} – рідини, від $C_{17}H_{32}$ – тверді речовини. Майже усі алкіни нерозчинні у воді, проте добре розчиняються в органічних розчинниках. З підвищенням відносної молекулярної маси алкінів зростає їх температура кипіння. Так, наприклад, $t_{\text{кип. етину}} - 83,6^\circ\text{C}$, а пент-1-іну – $39,7^\circ\text{C}$.

Хімічні властивості

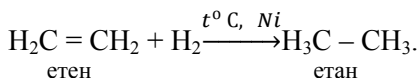
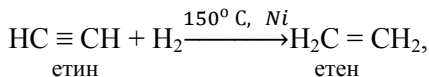
Потрійний зв'язок менш стійкий. Головною причиною нестійкості є те, що у молекулах етину і його гомологів π -електронні хмарини, сконцентровані між ядрами атомів Карбону, що утворюють потрійний зв'язок. Зовнішні сторони ядер мають знижену електронну густину. Це і обумовлює відносно високу полярність $C-H$ зв'язку, слабкі кислотні властивості цих сполук і дещо меншу активність потрійного зв'язку в алкінах у порівнянні з подвійним у молекулі етену. Розглянемо хімічні властивості алкінів.

Реакції приєднання

Реакції приєднання до алкінів відбуваються у два етапи: спочатку розривається один π -зв'язок і утворюються похідні алкенів, потім – другий з утворенням похідних алканів.

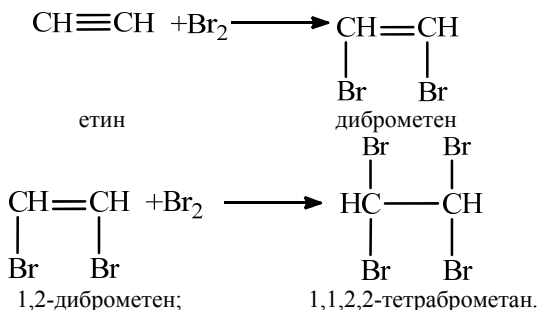
- **Приєднання водню (реакція гідрування або гідрогенізації)**

Реакція відбувається легко у дві стадії: при нагріванні – у присутності каталізатора Ni , а без нагрівання – у присутності каталізаторів Pt і Pd :



• Приєднання галогенів

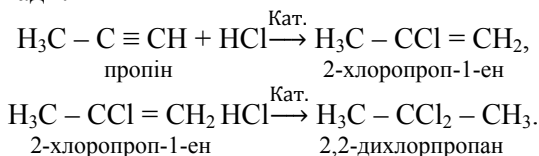
Хлор і бром приєднуються дуже легко за звичайних умов і теж у дві стадії:



При пропусканні етину (ацетилену) крізь бромну воду Br_2 , вона знебарвлюється. Ця реакція є якісною для усіх ненасичених вуглеводнів.

• Приєднання галогеноводнів

Якщо молекула алкіну має несиметричну будову, приєднання галогеноводнів відбувається згідно з правилом Марковникова і також у дві стадії:



Особливе значення має реакція взаємодії етину (ацетилену) з HCl . За її допомогою одержують вінілхлорид – сировину для виробництва синтетичних волокон, пластмас, лаків тощо.

• Приєднання води (реакція гідратації)

Реакція відкрита у 1881 р. російським хіміком М. Г. Кучеровим і носить його ім'я. Вона відбувається у присутності каталізатора – солі ртуті (II) у кислому середовищі.

$$\text{HC}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{HgSO}_4, \text{H}_2\text{O}} [\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{OH}] \xrightarrow{\text{ізомеризації}} \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\parallel}}\text{C}$$

етин вініловий спирт етаналь
(альдегід)



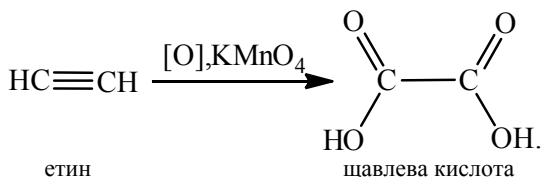
російський хімік-органік

Відкрита ним реакція перетворення ацетилену в оцтовий альдегід у присутності солей Меркурію положила початок використанню ацетилену для добування ацетатної кислоти, штучного волокна, барвників, лаків тощо.

Реакції окиснення

- **Часткове окиснення**

Алкіни легко вступають у реакції окиснення. Так, при пропусканні етину крізь розчин калій манганату (VII) вмиє зникає фіалкове забарвлення і утворюється коричневий осад:



Якщо у розчині був надлишок KMnO_4 , з'являється бурий осад MnO_2 :



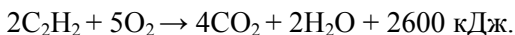
Взаємодія алкінів з KMnO_4 слугує якісною реакцією для виявлення потрійного зв'язку у сполуках.

- *Повне окиснення (горіння)*

Етин, на відміну від метану і етену, горить кіптявим полум'ям.

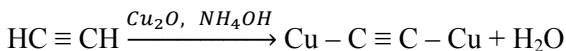
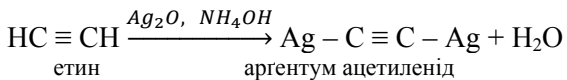
➤ Ви зрозумієте причину появи кіптяви, якщо виконаєте розрахунки масової частки Карбону у молекулі етину і порівняєте її з масовою часткою Карбону у молекулі метану.

В атмосфері кисню ацетилен горить з виділенням великої кількості теплоти:



Реакції заміщення

Ми вже згадували, що алкіни завдяки відносно високій полярності С – Н-зв'язку, виявляють кислотні властивості. Гідроген при цьому легко вступає у реакцію заміщення на метал з утворенням солеподібних вибухонебезпечних сполук-ацетиленідів.

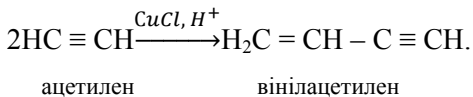


У лабораторних умовах ці реакції використовують як якісні для виявлення сполук з потрібним зв'язком.

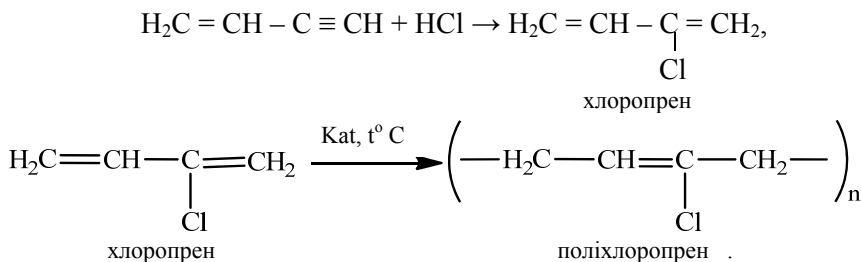
Реакції полімеризації

Розрізняють декілька видів полімеризації. Серед них:

- **Полімеризація з утворенням ланцюга**

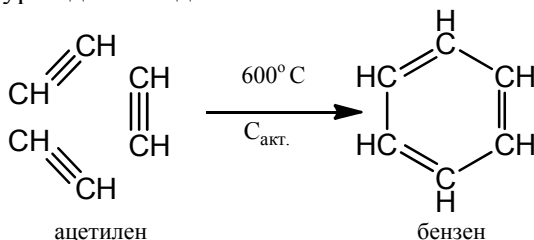


Вінілацетилен використовують як сировину для синтезу штучного каучука – поліхлоропрену:



- **Реакція тримеризації з утворенням циклу**

Вперше реакцію здійснив французький хімік М. Бертло, пізніше вдосконалив російський хімік М. М. Зелінський. Реакція відбувається у присутності каталізатора, яким слугує активоване вугілля при температурі від 450° С до 650° С.

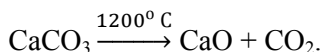


2.10.4. Способи добування

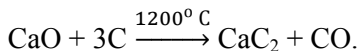
З відомих алкінів найбільше промислове значення має етин (ацетилен). Інші представники гомологічного ряду використовують, проте у меншій мірі. Відомі декілька способів добування алкінів. Серед них:

❖ *Одержання ацетилену з кальцій карбідом*

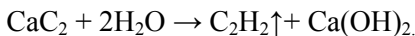
Кальцій оксид одержують шляхом випалювання вапняку при високій температурі:



Шляхом спікання при 2000° С суміші коксу і негашеного вапна в електропечах одержують кальцій карбід:



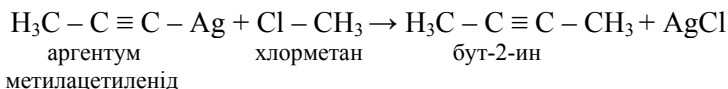
У спеціальних приладах унаслідок взаємодії кальцій карбід у з холодною водою (реакція гідролізу CaC_2) утворюється ацетилен:



❖ **Високотемпературний піроліз метану**



❖ **Гомологи етину одержують за реакцією між солями ацетиленових вуглеводнів і галогенопохідних алканів:**



Чи відомо вам, що...

У 1862 р. німецький хімік Ф. Велер намагався виділити металічний кальцій з CaCO_3 тривалим прожарюванням суміші вапняку й вугілля. Він отримав спечену сіруватого кольору масу, але ознак металу в ній не виявив, тому кинув її як непотріб на смітник у двір. Під час дощу лаборант Ф. Велера помітив, що з цієї маси виділяється якийсь газ. Це зацікавило дослідника. Було встановлено, що цей газ – ацетилен C_2H_2 , відкритий Е. Деві у 1838 р. Так був відкритий кальцій карбід CaC_2 , що взаємодіє з водою з виділенням етину (ацетилену).

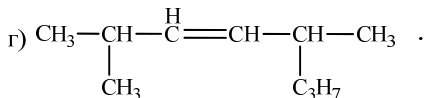
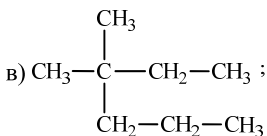
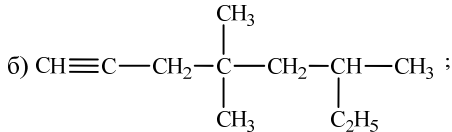
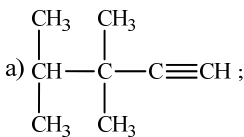
2.10.5. Застосування ацетилену і його похідних

- ✚ Автогенне зварювання та різання металів і сплавів.
- ✚ Приєднанням хлору до ацетилену добувають розчинник 1,1,2,2-тетрахлороетан. Подальшою його переробкою одержують розчинник високої якості 1,1,2-трихлороетен, який використовують для очищення одягу.
- ✚ Для виробництва етанової (ацетатної, оцтової) кислоти, з якої одержують штучні волокна, барвники, лаки, парфуми і одеколони.

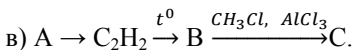
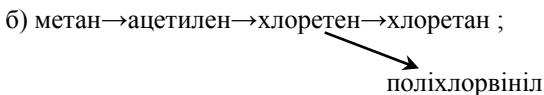
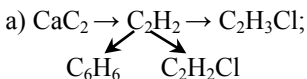
-

Завдання для самоконтролю

1. Назвіть загальну формулу алкінів.
2. В чому суть *sp*-гібридизації?
3. Із наведеного переліку формул речовин випишіть окремо алкани, алкени, алкіни. Дайте їм назви: C_5H_8 , C_5H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{12} , CH_4 , C_3H_4 , C_4H_{10} , C_8H_{16} , C_3H_8 , C_4H_6 , C_3H_6 , $C_{10}H_{20}$, C_8H_{14} , C_2H_4 , C_2H_6 , C_2H_2 .
4. Назвіть види ізомерії, притаманні алкінам.
5. Запропонуйте способи добування гекс-3-ину з метану.
6. Напишіть структурні формули таких алкінів:
а) 4-метилгекс-2-ину; б) 3-етилбут-1-ину; в) 3,3-диетилпент-1-іну.
7. Складіть формули одного гомолога і одного ізомера для 3-метилбут-1-іну.
8. Дайте назви таким речовинам:



9. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



10. За термохімічним рівнянням горіння ацетилену $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2600\text{ кДж}$ обчисліть, скільки виділиться теплоти, якщо буде витрачено: а) ацетилен масою 26 г;

- б) ацетилен об'ємом 0,4 л; в) ацетилен кількістю речовини 4 моль.
11. Природний газ об'ємом 120 л використовували для добування ацетилену. Об'ємна частка метану у природному газі становить 85%. Визначте об'єм ацетилену (н. у.), що утвориться, якщо його вихід становить 65%.
 12. Термічний кальцій карбід масою 20 г обробили надлишком води, отримавши етин, під час пропускання якого крізь надлишок бромної води утворився 1,1,2,2-тетраброметан масою 86,5 г. Визначте масову частку CaC_2 у технічному карбіді.
 13. При пропусканні 28 л органічної речовини утворилось 112 л карбон (IV) оксиду і 67,5 г води. Густина пари речовини за воднем дорівнює 27. Встановіть молекулярну формулу речовини.

Тестові завдання

1. Вкажіть реагент, за допомогою якого можна відрізнити етин від етену:
 - а) бромна вода;
 - б) розчин калій перманганату;
 - в) купрум (II) гідроксид;
 - г) амоніачний розчин аргентум (I) оксиду.
2. Визначте кількість атомів Гідрогену у молекулі вуглеводневого ряду ацетилену, відносна молекулярна маса якого дорівнює 82.
 - а) 6; б) 10; в) 12; г) 14.
3. Виберіть твердження щодо алкіну, на спалювання 2 л якого витрачається 5 л кисню:
 - а) містить 90,0% Карбону за масою;
 - б) при повному гідруванні утворюється етан;
 - в) молекула містить два σ - та три π -зв'язки.
4. Виберіть твердження щодо алкіну, який містить 92,31% Карбону за масою:
 - а) молекула містить три σ -зв'язки;
 - б) молекула містить три атоми Карбону;
 - в) з водою у присутності H_2SO_4 утворює оцтовий альдегід;
 - г) молекула містить п'ять σ -зв'язків.

2.11. АРЕНИ. БЕНЗЕН

Аренами (ароматичними вуглеводнями) називаються органічні сполуки, молекули яких містять один або декілька циклів з шести атомів Карбону – бензенове кільце.

Назва «ароматичні вуглеводні» увійшла в органічну хімію тому, що ряд сполук Карбону і Гідрогену (*бальзами, смоли*) мали приємний запах або ж були добуті з духмяної сировини. З часом назва втратила своє значення, оскільки запашні речовини зустрічаються серед естерів і інших класів органічних сполук, а більшість ароматичних вуглеводнів мають специфічний або ж неприємний запах.

Найтиповішим представником ароматичних вуглеводнів, в молекулі якого міститься шість атомів Карбону, є *бензен*.

Чи відомо вам, що...

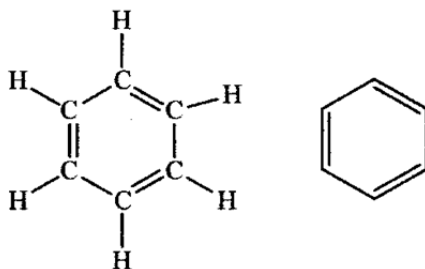
У 1814 р. у Лондоні з'явилося газове освітлення. Світний газ зберігався у залізних балонах під тиском. Влітку освітлення було нормальним, а взимку, з настанням холодів – тьмяніло.

Власники газового заводу звернулися за допомогою до хіміка М. Фарадея. Вчений з'ясував, що взимку частина світлого газу осідає на дні балонів у вигляді прозорої рідини C_6H_6 . Це був нині добре усім відомий бензен.

Отже, слава його відкриття залишилась за М. Фарадеєм (1825). Назву «бензен» запропонував німецький хімік Ю. Лібіх (1834). Дещо пізніше (1845) Л. В. Гофман виділяє бензен з кам'яновугільної смоли.

2.11.1. Електронна будова молекули бензену

Будову молекули бензену запропонував німецький учений А. Кекуле (1865) у вигляді циклу з шести атомів Карбону, по чергово сполучених простими $C - C$ і подвійними $C = C$ зв'язками:



Уявлення А. Кекуле про структуру бензену включає такі основні положення:

- ◆ бензен має структуру плоского шестикутного кільця;
- ◆ у бензеновому кільці є три простих і три подвійних зв'язки;
- ◆ усі шість атомів Карбону у бензеновому кільці рівноцінні один одному.

Формула А. Кекуле відбиває елементарний склад сполуки, проте не пояснює чому бензен, маючи три подвійні зв'язки, за звичайних умов не вступає у реакції приєднання, окиснення, гідрогенізації тощо.

За допомогою рентгенографії встановлено, що усі атоми Карбону молекули бензену лежать в одній площині, утворюючи при цьому правильний шестикутник. Відстань між атомами С – С становить 0,139 нм, а С – Н – 109 нм; кути, утворені зв'язками С – Н і С – С дорівнюють 120° . Вже це показує, що у молекулі бензену немає простих і подвійних зв'язків, бо у цьому разі одні відстані між центрами атомів Карбону були б 0,154 нм, а інші – 0,134 нм.

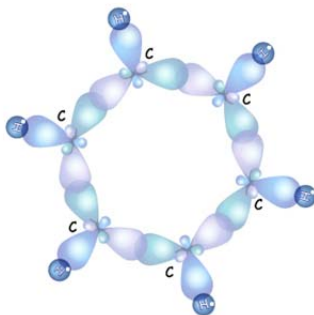
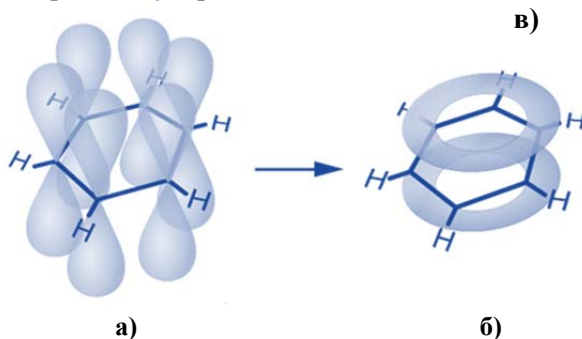


Рис. 19. Схема утворення σ -зв'язків у молекулі бензену

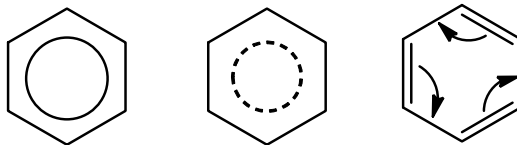
Електронна хмара четвертого електрона, що не бере участі у гібридизації, має форму симетричної об'ємної вісімки і зорієнтована перпендикулярно площини кільця (рис. 20).

Електронна хмара четвертого електрона, що не бере участі у гібридизації, має форму симетричної об'ємної вісімки і зорієнтована перпендикулярно площини кільця (рис. 20).



а – вид збоку, б – вид зверху; в – розподіл електронної густини π -хмарини над і під площиною атомних ядер

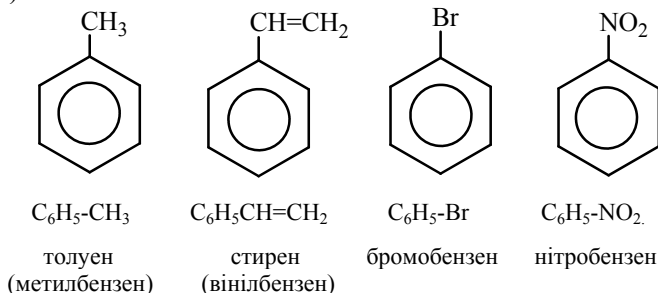
З 6 p -електронів утворюється суцільна p -електронна система, єдина для усіх шести атомів Карбону. Області найбільшої електронної густини розміщені по обидва боки площини молекули бензену. При цьому усі зв'язки між атомами вирівнюються. Це стало причиною внесення поправок у написання формули бензенового кільця, що відбиває вирівнювання електронної густини у системі σ - і π -зв'язків:



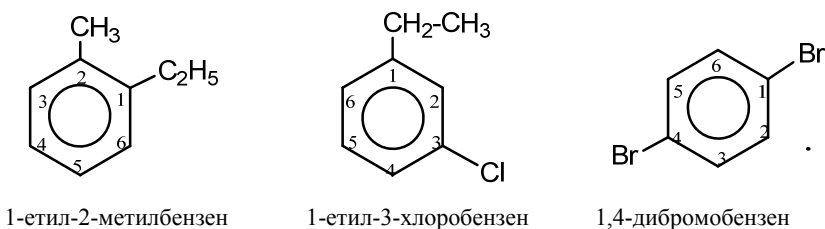
2.11.2. Арени

Класифікація. Нагадаємо, що молекули аренив містять один або декілька циклів з шести атомів Карбону. Перші називають **моноциклічними** похідними бензену. Загальна формула аренив такого складу C_nH_{2n-6} , де $n = 7, 8, \dots$. По кількості замісників їх поділяють на монозаміщені і полізаміщені.

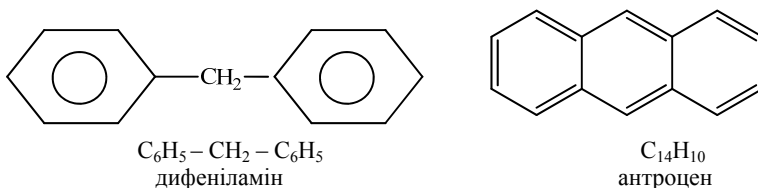
Молекули *монозаміщених* аренив містять один замісник (радикал):



Молекули *полізаміщених* аренив містять два і більше замісники:

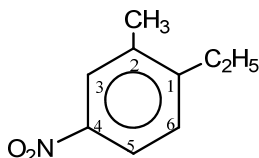


Поліциклічні арени містять декілька бензенових кілець, наприклад:



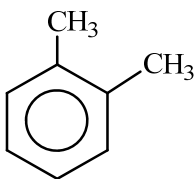
Номенклатура. Згідно з ІЮПАК-номенклатурою пронумеровані атоми Карбону бензенового кільця вказують положення замісників. Атоми Карбону у кільці нумерують так, щоб замісник мав найменші номери. При найменуванні дотримуються «старшинства» і додають

префікси, позначаючи однакові радикали, потім додають слово «бензен». Наприклад:

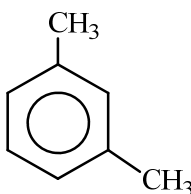


1-етил-2-метил-4-нітробензен

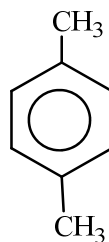
Ізомерія. Для аренів з одним бензеновим кільцем існує декілька видів ізомерії. Розглянемо один з них – *структурову* або ізомерію положення замісників. Монозаміщені похідні бензену не мають ізомерів. Причина: усі атоми Карбону у бензеновому кільці рівнозначні. При наявності двох замісників у бензеновому кільці можливі три їх положення:



1,2-диметилбензен
(о-ксилен)
орто-положення



1,3-диметилбензен
(м-ксилен)
мета-положення



1,4-диметилбензен
(п-ксилен)
пара-положення

2.11.3. Властивості бензену

Фізичні властивості

Бензен і його найближчі гомологи безбарвні з характерним запахом рідини, нерозчинні у воді, добре розчинні в органічних розчинниках. Бензен, толуен і деякі інші ацени самі є органічними розчинниками.

Температура плавлення бензену 5,5° С, температура кипіння – 80,1° С. Рідкий бензен і його пара – отруйні. Суміш пари бензену з повітрям – вибухонебезпечні.

Хімічні властивості

Арени вступають у реакції заміщення, окиснення і, у меншій мірі, у реакції приєднання.

Реакції заміщення у бензеновому кільці відбуваються легше, ніж у алканів, бо під час їх проходження так звана π -електронна система молекули, а, отже, і бензенове ядро (бензенове кільце) зберігається. Реакція приєднання і окиснення призводить до руйнування цієї системи і, як наслідок, проходять важче, ніж у алкенів.

Реакції заміщення

- **Галогенування** – заміщення одного чи кількох атомів Гідрогену у бензеновому кільці на атоми галогенів. Реакція відбувається при нагріванні за наявності каталізатора – FeBr_3 або AlCl_3 :

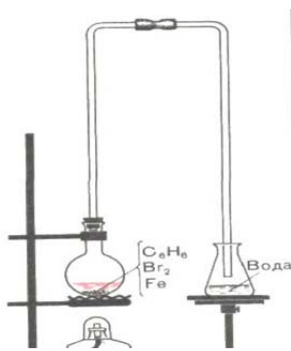
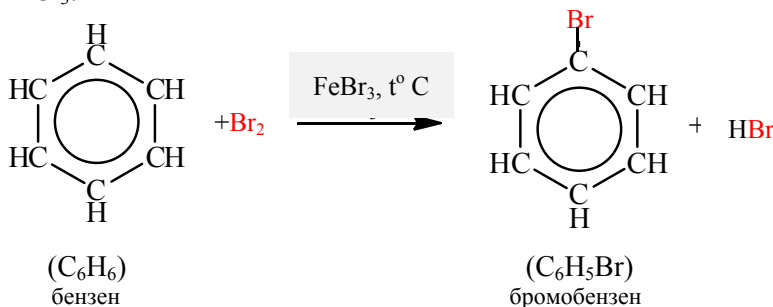
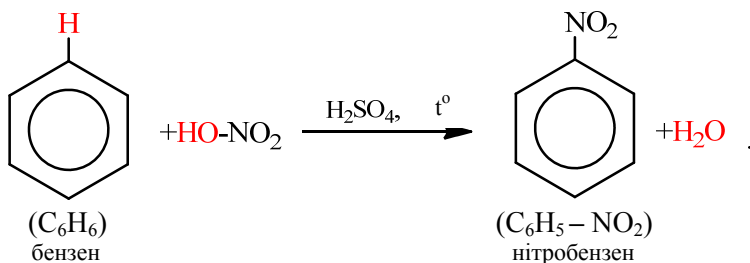


Рис. 21. Добування бромбензену в лабораторії

Бромобензен – безбарвна рідина, нерозчинна у воді з температурою кипіння 156°C , у півтора рази важча за воду.

На другій стадії реакції утворюється суміш *орто*-дибромобензену та *пара*-дибромобензену.

- **Нітрування**. Реакція проходить за наявності концентрованої H_2SO_4 , як каталізатора. Нітратну кислоту у цьому випадку прийнято позначати $\text{HO} - \text{NO}_2$, підкреслюючи наявність у молекулі



Нітробензен – оліїста рідина світложовтого кольору з температурою кипіння 210° С, важча за воду, у ній – нерозчинна. Сполука має запах гіркого мигдалю, надзвичайно отруйна.

Продуктами другої і третьої стадії нітрування бензену є 1,3-динітробензен і 1,3,5-тринітробензен відповідно.

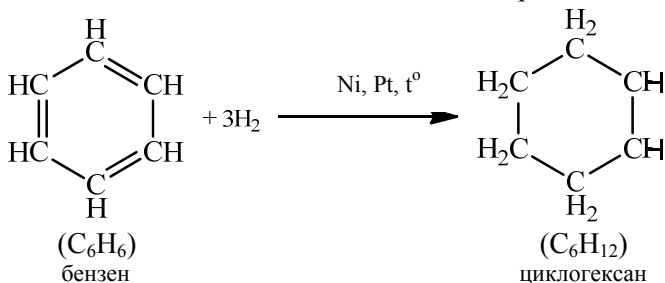
➤ Зобразіть структурні формули речовин, що утворюють у другій стадії бромовання, другий і третій стадії нітрування бензену.

Реакції приєднання

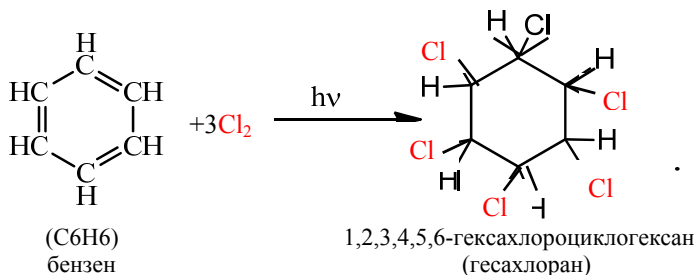
У аренів такі реакції відбуваються важче, ніж у ненасичених вуглеводнів: значно збільшується затрата енергії, виникає потреба у каталізаторах тощо.

Бензен не приєднує воду, галогеноводнів, не знебарвлює бромну воду і розчин калій перманганату, тобто не дає якісних реакцій, характерних для ненасичених вуглеводнів, але за певних умов може приєднувати водень і галогени.

- **Приєднання водню** (гідрування, гідрогенізація бензену) відбувається за температури $\approx 200^\circ \text{C}$, тиску 5066 кПа і наявності нікелевого чи платинового каталізатора:



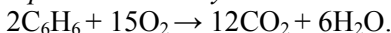
- **Приєднання хлору** до бензену відбувається при дії ультрафіолетового опромінення або при сильному нагріванні:



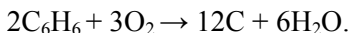
Гексахлоран раніше широко використовували у сільському господарстві як засіб для боротьби з шкідниками (інсектицид).

Реакції окиснення

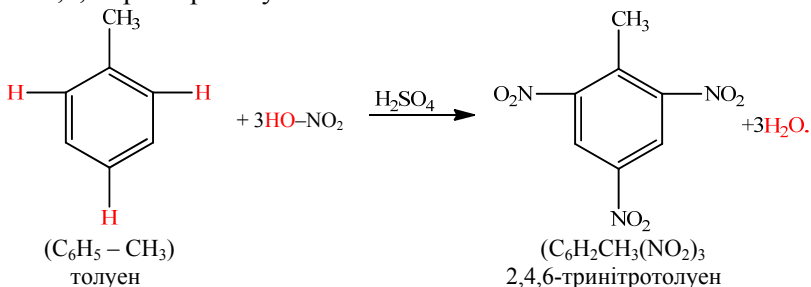
- **Часткове окиснення бензену** відбувається лише за наявності каталізатора V_2O_5 . Проте, як і більшість вуглеводнів, він горить на повітрі світлим полум'ям:



- **Горіння бензену** супроводжується утворенням великої кількості кіптяви із-за неповного його окиснення:

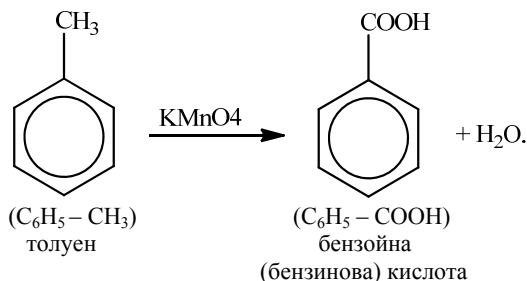


- Гомологи бензену легше вступають у реакції заміщення, ніж бензен. Толуен, наприклад, під час нагрівання утворює 2,4,6-тринітротолуен:



Речовину використовують для виробництва вибухівки (тол, тротил). Реакції нітрування відбуваються легше унаслідок впливу замісника $-\text{CH}_3$ на бензенове ядро.

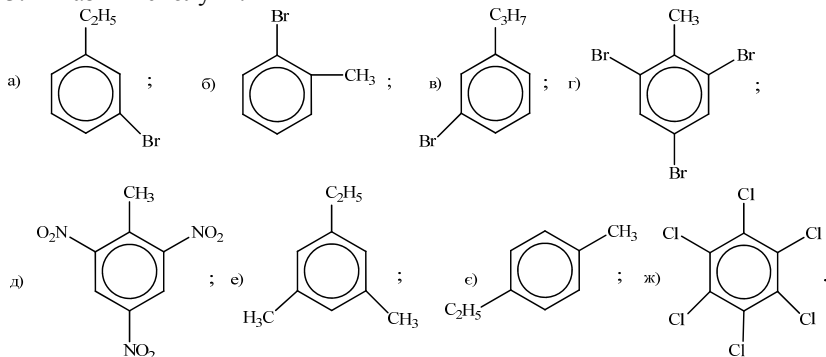
Проте цей вплив є взаємним: бензенове ядро також впливає на метильну групу, тому вона може окиснюватись за дії сильних окисників:



Завдання для самоконтролю

- Як утворюються хімічні зв'язки у молекулі бензену?
- Напишіть формули сполук за їх назвою:
 - 1,4-диметилбензен;
 - 3-метил-2-пропілбензен;
 - 3-етил-2,4-диметилгексан;
 - 2-бромо-3-етилбензен;
 - 4-хлоротолуен;
 - 1,4-діетил-2-бромобензен.

- Назвіть сполуки:



- Напишіть рівняння хімічних перетворень, назвіть сполуки:
 - $\text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$;
 - $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$;
 - $\text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$.
- Спалили бензен кількістю речовини 0,2 моль. Який об'єм Карбон (IV) оксиду і яка маса води при цьому утворюються?
- При нітруванні толуену добуто 1-метил-2,4,6-тринітробензен масою 5,67 г. Які маси толуену і розчину нітратної кислоти з масовою часткою її 35% при цьому витрачено?

7. Внаслідок спалювання 1,3 г речовини добули 4,4 г Карбон (IV) оксиду і 0,9 г води. Густина пари цієї речовини за воднем дорівнює 39. Знайти молекулярну формулу речовини.

Тестові завдання

- Визначте тип реакції, найхарактерніший для аренів:
а) приєднання;
б) заміщення;
в) полімеризації;
г) циклізації.
- Встановіть сполуку, яка утворюється при окисненні толуєну $C_6H_5CH_3$:
а) фенол;
б) ацетон;
в) бензенова кислота;
г) бензен.
- Встановіть формулу речовини А у ланцюгу перетворень $CH_4 \rightarrow A \rightarrow C_6H_6$:
а) C_2H_4 ;
б) C_2H_2 ;
в) CH_3OH ;
г) CH_3Cl .
- Виберіть твердження щодо арену з одним замісником та густиною пари за воднем 60:
а) при окисненні утворюється бензенова кислота;
б) містить радикал пропіл;
в) містить радикал етил;
г) при окисненні утворюється фталева кислота.

2.12. ДОБУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ АРЕНІВ

2.12.1. Добування аренів

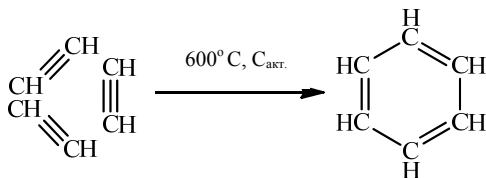
Бензен добувають під час переробки деяких сортів нафти шляхом піролізу або каталітичного крекінгу.

Значну кількість аренів добувають з кам'яновугільної смоли при коксуванні кам'яного вугілля.

Бензен та його гомологи можуть синтезувати за наведеними нижче реакціями:

❖ **Реакція тримеризації етину.** Уперше реакцію здійснив М. Бертло (1886), пізніше вдосконалював М. Зелінський.

Реакція відбувається у присутності каталізатора – активованого вугілля (згадайте, яке вугілля називають активованим) під час нагрівання від 450° С до 650° С).



ацетилен

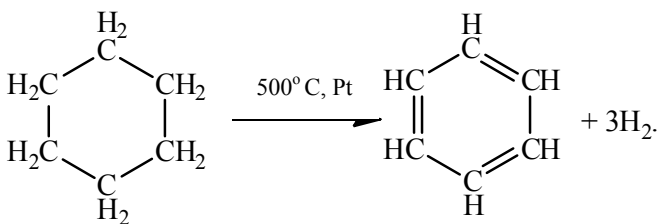
бензен



**Микола Дмитрович
Зелінський
1861-1953
російський хімік**

Здійснив синтез бензену з ацетилену у присутності активованого вугілля. Відкрив каталітичне перетворення циклоалканів в ацени, каталітичний крекінг вуглеводнів нафти. Синтезував багато вуглеводнів.

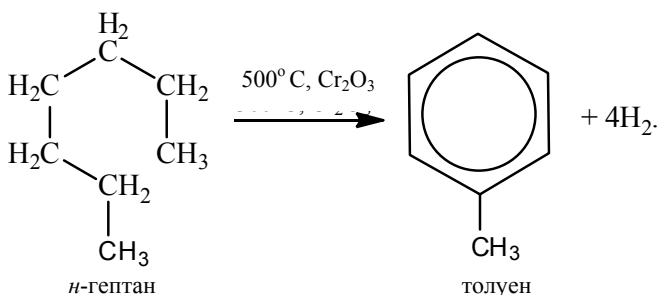
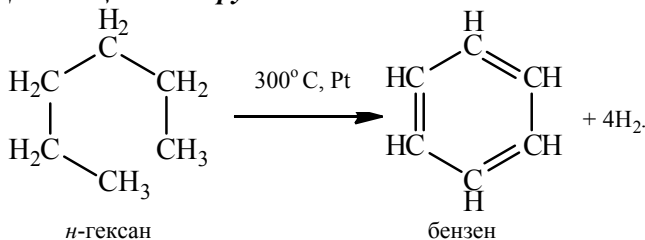
❖ **Дегідрування циклогексану у присутності платини як каталізатора**



циклогексан

бензен

❖ Циклізація і дегідрування алканів




2.12.2. Застосування аренів

Арени як і у індивідуальному стані, так і у вигляді природних сумішей (газ, нафта, вугілля) слугують сировиною для виробництва десятків тисяч похідних органічних сполук, несуть у наші домівки тепло і світло.

Без них з ужитку зникли б багато звичних речей: вироби з пластмас, гуми, засоби побутової хімії, косметика.

Найважливішими серед аренів є бензен, толуен, стирен і деякі інші.

 Бензен C_6H_6 використовують як розчинник, а також як сировину для виробництва аніліну і барвників на його основі, вибухових речовин, фенолу, ліків, стимуляторів росту рослин, засобів боротьби з шкідниками і хворобами сільськогосподарських культур.

✚ *Толуен* $C_6H_5CH_3$ – як вихідну сировину для виробництва бензенового спирту, бензоальдегіду, бензойної кислоти, багатьох барвників, сахарину, тощо.

✚ *Стирен* (вінілбензен) $C_6H_5CH = CH_2$ використовують для виробництва цінної пластмаси – *полістирену* (*полістиролу*). З цього полімеру виготовляють електро- і радіодеталі, предмети побуту, а також бутадієн-стиреновий каучук. Якщо до згаданого каучука додати сажу, як наповнювач, то матеріал використовують для виробництва автомобільних шин, шлангів, підшв для взуття тощо.



2.12.3. Хімічні засоби захисту рослин

Засоби захисту рослин поділяють на хімічні і біологічні. Хімічні засоби захисту рослин називають *пестицидами*.

За хімічними складом їх поділяють на три основні групи:

- ♦ *неорганічні сполуки* (сполуки ртуті, міді, сірки, миш'яку);
- ♦ *органічні сполуки* (хлоропохідні, фосфорорганічні тощо);
- ♦ *біогенного походження* (створені з самих бактерій або продуктів їх життєдіяльності).

За об'єктами застосування:

- ♦ *інсектициди* – для боротьби з шкідливими комахами;
- ♦ *фунгіциди* – для боротьби з грибковими хворобами сільсько-господарських культур;
- ♦ *гербіциди* – засоби боротьби з бур'янами.

Інсектициди (від лат. *Insectum* – комаха і *caedo* – вбиваю) – хімічні засоби, що вбивають комах, їх яйця і личинки. Головна галузь застосування інсектицидів – захист сільськогосподарських культур від комах – шкідників. Вони перебувають у вигляді розчинів, емульсій, аерозольних препаратів тощо.



Асортимент інсектицидів постійно оновлюється. Це пов'язано з появою серед комах рас, стійких до даних препаратів. Багато інсектицидів токсичні не тільки для шкідливих комах, але і для людей та теплокровних тварин.

Для практичного використання вибирають найбільш безпечні, які швидко руйнуються в організмі та нетоксичні і малотоксичні сполуки.

Хлоропохідні сполуки ДДТ та ГХЦГ (гексахлороциклогексан) тепер заборонені із-за їх високої токсичності.

Фунгіциди (від лат. *Fungus* – гриб і *caedo* – вбиваю) – хімічні речовини, здатні повністю або частково пригнічувати розвиток збудників хвороб сільськогосподарських рослин.

Серед них велику групу становлять так звані *протруйники насіння* – хімічні препарати для знезараження (протруєння) насіння та іншого посадкового матеріалу (розсади, сіянців, бульб) з метою захисту рослин від хвороб у початковому періоді росту і розвитку.

Гербіциди (від лат. *Herba* – трава і *caedo* – вбиваю) – речовини, що знищують небажані рослини. Головна галузь застосування гербіцидів – знищення бур'янів у посівах («хімічна прополка»), особливо кукурудзи, сої, цукрових буряків, пшениці, бавовнику, рису тощо.

Гербіциди поступають у продаж у вигляді розчинів, порошків або гранул, що містять, крім діючої речовини, розріджуючі і допоміжні добавки.

2.12.4. Взаємозв'язок між вуглеводнями

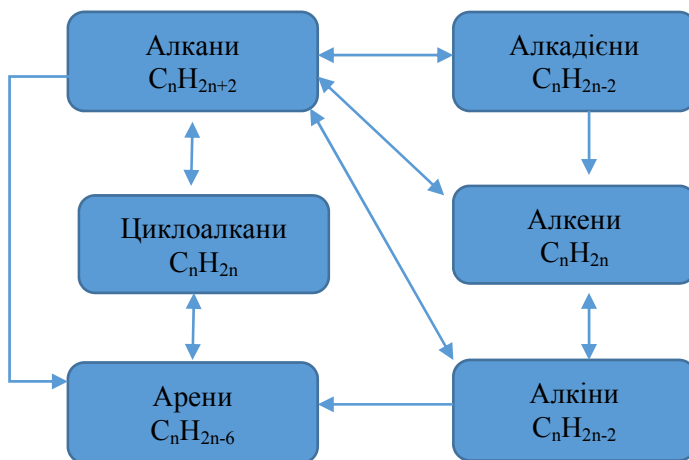
Наше ознайомлення з вуглеводнями є далеко невичерпним. Серед алкенів зустрічаються сполуки з кількома подвійними або потрійними зв'язками, а також сполуки, що містять одночасно подвійні і потрійні зв'язки. Серед аренів є чимало таких, що містять не одне, а кілька бензенових кілець.

Отже, вуглеводні – найпоширеніший клас сполук.

- У чому криються причини різноманіття вуглеводнів?
Згадайте визначення гомологічного ряду та явище ізомерії.

Проте, не дивлячись на численність і різноманіття вуглеводнів, їх гомологічні ряди споріднені та по'язані взаємними переходами. Схему, яку подано нижче, підкреслює цей висновок:

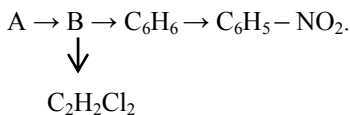
Схема 5



- Напишіть рівняння хімічних реакцій, які підтверджують взаємозв'язки між вуглеводнями, зображеними на схемі.

Завдання для самоконтролю

1. Якими промисловими способами можна одержати бензен і його похідні? Наведіть приклади відповідних реакцій.
2. За допомогою яких якісних реакцій можна відрізнити бензен від толуєну? Підтвердіть міркування рівняннями хімічних реакцій.
3. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



4. Заповніть таблицю 2.4:

Таблиця 2.4

Гомологічний ряд	Зв'язки у молекулах між атомами Карбону	Суфікс у назві вуглеводнів	Загальна формула ряду вуглеводнів
Насичені вуглеводні (алкани)			
Етиленові вуглеводні (алкени)			
Ацетиленові вуглеводні (алкіни)			
Ароматичні вуглеводні (арени)			

5. Заповніть таблицю 2.5:

Таблиця 2.5

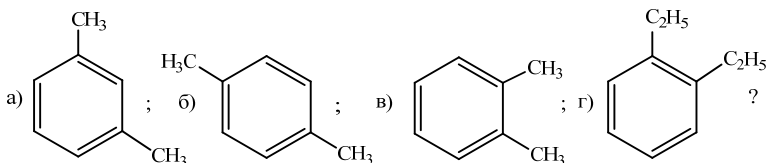
Хімічні властивості	Алкани	Алкени	Арени
Горючість			
Реакції заміщення			
Приєднання водню			
Приєднання галогенів			
Взаємодія з KMnO_4			
Взаємодія з бромною водою			

- Розрахувати об'єм повітря, необхідний для повного спалювання 15,6 г бензену.
- Толуен масою 4,6 г піддали дії броду кількістю речовини 0,2 моль. Яка маса речовини утворилась після закінчення реакції?

8. Розрахувати об'єм розчину натрій гідроксиду з масовою часткою 10%, необхідного для нейтралізації газу, добутого при одержанні бромбензену з 31,2 г бензену. Густина розчину лугу 1,1 г/см³.

Тестові завдання

1. Серед речовин, формули яких подані нижче, виділіть гомологи аренів:
- а) C₃H₆; б) C₈H₁₀; в) C₉H₁₂; г) C₉H₁₂; д) C₇H₁₂.
2. Яка з наведених структурних формул відповідає формулі орто-диметилбензену:



3. Вкажіть відмінність гомологів бензену від бензену:
- а) полімеризація;
б) легко окиснюється;
в) горять;
г) легше вступають у реакції заміщення.
4. Виберіть твердження щодо арену, який містить 91,3% Карбону за масою:
- а) утворюється при тримеризації ацетилену;
б) молекула містить дев'ять атомів Гідрогену;
в) другий член гомологічного ряду бензену;
г) знебарвлює водний розчин KMnO₄.

Розділ 3. ПРИРОДНІ ДЖЕРЕЛА ВУГЛЕВОДНІВ

3.1. Джерела вуглеводневої сировини.

Природний і супутний газ

3.1.1. Джерела вуглеводневої сировини

Найважливішими природними джерелами вуглеводневої сировини є природний і супутний нафтовий газ, нафта, кам'яне і буре вугілля, горючі сланці.

За допомогою реакцій органічного синтезу з перерахованих корисних копалин добувають величезну кількість сполук. Проте вуглеводнева сировина є *вичерпним* природним ресурсом, а її сумарний річний видобуток не перевищує 1% від сезонної біомаси планети Земля.

Рослинна і тваринна сировина є потужним *відновлювальним ресурсом*. Середній річний приріст рослинної біомаси, що відбувається у процесі фотосинтезу (*згадайте хімізм процесу і умови протікання цієї реакції*) на планеті, становить 160 млрд т сухої органічної маси. З цієї сировини добувають вуглеводні, одно- і багато-атомні спирти, карбонові кислоти, естери, жири, вуглеводи, біо-логічно активні речовини, біодизельне паливо (*виготовлене з соняшникової, кукурудзяної, ріпакової і ін. олій*) тощо.

Проте сумарний обсяг продуктів переробки рослинної і тваринної сировини поки що поступається сумарному обсягу продуктів органічного синтезу з корисних копалин.

3.1.2. Природний газ

Хімічний склад природного газу залежить від родовища, з якого його добувають. Головним його компонентом є *метан*, вміст якого коливається від 85% до 98%. Крім метану, до складу природного газу входять *етан, пропан, бутан, пентан* (у сукупності – 2-3%), причому, чим більша молекулярна маса вуглеводню, тим менше його міститься у природному газі.

Серед неорганічних сполук, що входять до природного газу: водень, карбон (IV) оксид, гідрогенсульфід, азот, гелій, аргон тощо.

Природний газ не має запаху. Проте, з метою підвищення безпеки при користуванні, до нього добавляють так звані *одоранти*, що мають запах гнилої капусти, прілого сіна, тухлих яєць.

Природний газ легший за повітря в 1,8 рази. Його концентрація у повітрі 5-15% є вибухонебезпечною. Самозаймиста сполука при 650° С.

Чи відомо вам, що...

У другій половині 20 століття науковцями РДУ нафти і газу ім. Губкіна виявлено природні газогідрати (*газові клатрати*). Це сполуки метану з водою, зовні схожі на лід...

У внутрішніх порожнинах кристалічних ґраток клатратів, побудованих з молекул води, містяться молекули газу, що утворюють гідрат, причому 1 об'єм води зв'язує 220 об'ємів газу. Незаповнені газом ґратки існувати не можуть...

Геологами виявлені величезні поклади газогідратів в українській економічній зоні Чорного моря, що містять величезні обсяги природного газу.

В екологічному відношенні природний газ являється самим чистим видом органічного палива. При його згорянні утворюється значно менша кількість шкідливих речовин у порівнянні з іншими видами палива. Проте, спалювання людством величезної кількості різних видів палива, у тому числі і природного газу, за останнє півстоліття життя привело до збільшення кількості вуглекислого газу в атмосфері, який являється *парниковим газом*. Багато учених на цій основі роблять висновок про небезпеку виникнення *парникового ефекту* і, як наслідок, – потепління клімату.

Природний газ широко використовують як дешеве паливо з високою теплотворною здатністю. При спалюванні 1 м³ газу виділяється до 54400 кДж. Тому його використовують як енергетично ефективне і дешеве паливо у металургійній (доменній і мартенівській процеси), на електро- і теплових станціях, у котельних установах, у скляній, цементній і керамічній, легкій і харчовій промисловостях, у побуті.

Природний газ – джерело сировини для хімічної промисловості: синтез-газу, метанолу, ацетилену, формальдегіду, добу-



вання хлорпохідних, сажі, пластмас, оцтової кислоти, ліків тощо.

Склад продукції, яку виробляють з природного газу, можна також розглянути на таблиці 3.1.

Таблиця 3.1



Сьогодні із понад 50 млн т водню, що виробляють у світі, половина отримується шляхом *конверсії* водяної пари з природним газом (*напишіть рівняння хімічної реакції*).

Середній річний видобуток природного газу в Україні 20-21 млрд м³. Його родовища розташовані у Харківській, Полтавській, Львівській областях, у Криму.

3.1.3. Супутний нафтовий газ

Назву «*супутний*» газ дістав тому, що міститься у покладах разом з нафтою: частина газу розчинена безпосередньо у нафті, інша частина розташована над нафтоносним горизонтом, утворюючи так звану «*газову шапку*». Нафта масою 1 т містить супутний газ об'ємом 30-300 м³. Під час підйому на поверхню супутний газ виділяється унаслідок різкого зниження тиску.

Його хімічний склад істотно відрізняється від природного газу (див. рис. 22):

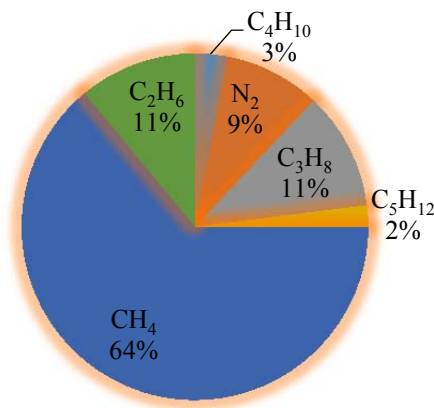


Рис. 22. Діаграма хімічного складу супутного нафтового газу

Раніше з технічних причин супутний газ не використовували і на промислі його спалювали. Тепер цей газ частково вловлюють, бо він, як і природний, є добрим паливом і цінною хімічною сировиною.

Теплота згоряння супутних нафтових газів значно вища, ніж природних, залежить від родовища і коливається у межах 39-58 МДж/м³.

Щоб використання супутного газу було раціональним, його поділяють на суміші вузкого складу. Цей процес називають *сепарацією*¹

Схема 6



¹ Відокремлення однієї речовини від іншої: твердих речовин, рідин з різною густиною, частинок, що перебувають у різних агрегатних станах називають *сепарацією*.



Рис. 23. Спалювання супутного газу

Газовий бензин використовують як добавку до бензинів для підвищення їх детонаційної стійкості (див. 3.2.3).

Частину вуглеводнів із супутного нафтового газу (бутан, пентан та ін.) виділяють для хімічної переробки. З них добувають ненасичені вуглеводні, які широко використовують в органічному синтезі.

Пропан-бутанову суміш у зрідженому стані використовують у побуті (*балонний газ*) та в автомобільному транспорті.

Сухий газ використовують для добування ацетилену, водню, інших ненасичених вуглеводнів, а також як паливо.

Проте, у найбільшій кількості супутний нафтовий газ використовують як місцеве паливо. Якщо його обсяг перевищує місцеві потреби, то надлишок, нажаль, спалюють у факелах. Утилізація супутного нафтового газу поки що технічно неможлива або економічно не вигідна.



Лабораторний дослід № 2

Ознайомлення з різними видами палива

Розгляньте видані вам колекції «Види палива», заповніть таблицю:

Назва	Зовнішній вигляд	Галузі застосування

Завдання для самоконтролю

1. Які гази називають природними, а які – супутними нафтовими?
2. Назвіть основні продукти, які виділяють з супутних нафтових газів.
3. Назвіть основні напрями використання природного газу у народному господарстві.
4. Назвіть переваги використання природного газу у доменному виробництві.

5. Чому газовий бензин займається у двигунах легше, ніж бензин прямої перегонки нафти?
6. Яких заходів безпеки треба дотримуватись при користуванні природним газом у побуті?
7. Наведіть кілька рівнянь реакцій, які показують можливі напрями хімічного використання бутану супутного нафтового газу.
8. Природний газ одного з родовищ містить 96% (за об'ємом) метану, 1% етану, 1% пропану і 2% сірководню (гідрогенсульфіду). Який об'єм повітря, що містить 20% кисню, знадобиться для спалювання 1 м³ такого газу?
9. Складіть схему виробництва амоніаку з природного газу. Обчисліть об'єм амоніаку, який можна отримати з природного газу об'ємом 10 м³, якщо вміст метану у цьому природному газі становить 96%, вихід продукту на стадії розкладу метану – 90%, а вихід продукту реакції на стадії синтезу амоніаку – 30%.

Тестові завдання

1. Вкажіть, із яких речовин добувають синтез-газ:
 - а) ацетилен та водень;
 - б) пропен та вода;
 - в) метан та водяна пара;
 - г) метан та хлор.
2. Назвіть речовину, яка є складовою «газового бензину»:
 - а) метан;
 - б) пентан;
 - в) бутан;
 - г) пропан.
3. В результаті сепарацій супутного нафтового газу одержують:
 - а) азот;
 - б) вуглекислий газ;
 - в) синтез-газ;
 - г) гептан і октан.
4. Яку з названих речовин не добувають з природного газу:
 - а) метанол;
 - б) ацетилен;
 - в) формальдегід;
 - г) нітроген (II) оксид?

3.2. НАФТА. НАФТОПРОДУКТИ

3.2.1. Походження, властивості та застосування

Фізичні властивості. Нафта (*земляна олія, текучка, кип'ячка*) – горюча корисна копалина з своєрідним запахом, легша за воду, нерозчинна у ній. У земних надрах нафта утворює з водою нестійку суміш-емульсію.

Нафта різних родовищ відрізняється за складом, кольором, густиною, запахом, тощо. Колір нафти у більшості випадків бурий і темно-коричневий, рідше жовтий і зеленкуватий.



Рис. 24. Зовнішній вигляд вишки для добування нафти

З фізичної точки зору нафту розглядають як розчин твердих і газуватих речовин у рідині. Природна нафта, що видобувається у надрах землі, містить певну кількість газуватих речовин (*супутні гази*), головним чином метану і його гомологів.

Одержувані при перегонці нафти *бензин, гас, газойль, мазут* – рідини. До твердих складових нафти належать *парафіни і гудрон*. Середня молекулярна маса нафти – 220-230 г/моль. Густина – 0,65-1,05 г/см³. Температура застигання від 60 до 30° С. Теплоємність – 1,7-2,1 кДж.

Чи відомо вам, що...

У давнину нафту використовували замість освітлювальної олії, а також як компонент «грецького вогню». Латинська назва речовини – «скельна олія», «кам'яна олія».

У слов'янських словах поряд з запозиченою формою («нафта») використовується самобутня назва «ропа». Так галицькі гірники, що видобували нафту, звалися «ріпниками», що назавжди закарбував у яскравих творах І. Франко («Борислав», «Борислав сміється»).

Походження. Переважна більшість фахівців підтримують думку, що утворення нафти із залишків живої матерії (рослин, тварин,

планктону), які під високим тиском і при високій температурі перетворювались у вуглеводні. Це так звана *органічна* теорія.

Проте є багато прихильників концепції *неорганічного (мінерального)* походження нафти, які надають вагомій міркування як геологічного, так і хімічного характеру.

Хімічний склад. Елементарний склад нафти коливається у вузьких межах (C – 83-86%, H – 11-14%, N – 0,06-1,7%, S – 0,01-5,0%).

За хімічним складом головне місце у різних видах нафт належить вуглеводням – алканам, циклоалканам, аренам. Залежно від вмісту вуглеводів того чи іншого класу розрізняють такі основні види нафти:

1. *Метанова нафта*, до складу якої входять переважно нерозгалужені алкани.

2. *Нафтенова нафта* складається переважно з циклопарафінів.

3. *Змішана нафта*, яка включає суміш алканів, циклоалканів і аренів. Змішана нафта трапляється найчастіше.

Проте у більшості нафт вуглеводні займають здебільшого 30-50%. Разом з тим у складі нафти містяться органічні сполуки, до складу яких входить Оксиген, Нітроген, Сульфур і інші елементи, вміст яких може сягати 10-20% і вода до 10%.

Нафтопродукти, їх застосування. Отже, нафта – суміш понад 1000 різноманітних сполук, що мають різний склад, різну молекулярну масу, різну температуру кипіння. Сиру нафту, зазвичай, не застосовують. Для одержання з нафти технічно цінних продуктів її піддають переробці. Які продукти при цьому добувають і де їх використовують подано в таблиці 3.2.



Рис. 25. Фракційний склад нафти

Таблиця 3.2

Продукти перегонки нафти, їх застосування

Назва	Температура кипіння °С	Хімічний склад	Застосування
Бензин	40-180	C ₅ -C ₁₁	Пальне у карбюраторних двигунах, розчинник смолистих речовин.
Лігроїн	160-250	C ₈ -C ₁₄	Пальне у карбюраторних і дизельних двигунах, розчинник у лакофарбній промисловості.
Гас	180-300	C ₁₂ -C ₁₈	Пальне для тракторів, ракет, реактивних літаків, паливо при виробництві скла і фосфору, речовина для нафтопереробної промисловості.
Газойль (дизельне пальне)	240-350	C ₁₈ -C ₂₅	Пальне для залізничного, водного і автомобільного транспорту, для котелень.
Мазут	> 350	C ₂₅ - ...	Паливо для парових котлів, котелень, сировина для виробництва мастил, вазеліну, парафіну гудрону, бітуму.



Лабораторний дослід № 3

Ознайомлення з зразками нафтопродуктів

Розгляньте видані вам колекції «Нафта. Нафтопродукти» і заповніть таблицю:

Фракції	Температура кипіння, °С	Сфери використання

3.2.2. Переробка нафти

Переробка нафти проводиться у кілька стадій.

Первинна переробка нафти полягає у її *перегонці*. Перегонку здійснюють на нафтопереробних заводах після відокремлення супутних газів. Вона ґрунтується на відмінності у температурах кипіння компонентів суміші.

Перегонка нафти здійснюється в установці, яка складається з *трубчастої печі, ректифікаційної колони і холодильника* (рис. 26). У печі міститься трубопровід (змійовик), який обігривається спалюванням мазуту або природного газу.

До трубопроводу подається сира попередньо очищена нафта, де вона нагрівається до $320\text{--}350^{\circ}\text{C}$ та у вигляді суміші рідини і пари подається у ректифікаційну колону.

Ректифікаційна колона являє собою сталевий циліндр – агрегат висотою до 40 м, всередині якого є горизонтальні перегородки з отворами – так звані *тарілки*.

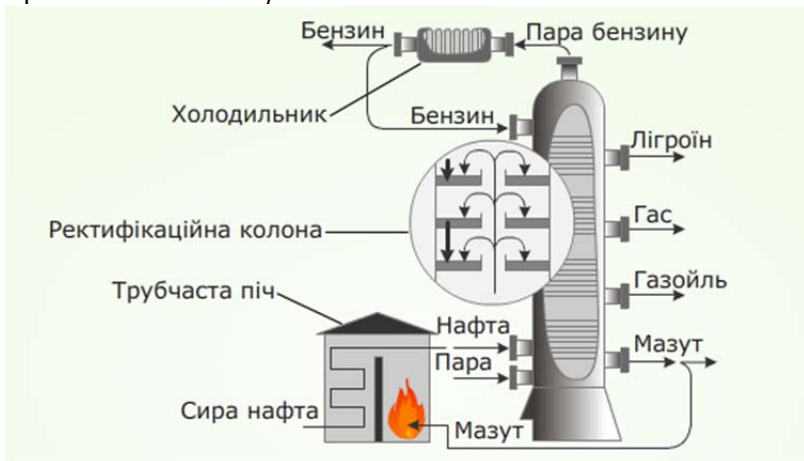


Рис. 26. Первинна переробка нафти

Нафта, що перебуває у пароподібному стані, надходячи у колону, піднімається вгору і проходить через отвори у тарілках. При цьому вона поступово охолоджується і переходить у рідкий агрегатний стан. Менш леткі вуглеводні конденсуються уже на перших тарілках, утворюючи *газойлеву* фракцію. Вище збирається *гас*, ще вище – *лігроїн*. Часто на нафтоперегінних установках не

добувають окремо лігроїн і гас, а відбирають лігроїново-гасову фракцію. Суміш використовують як реактивне паливо.

Найлеткіші вуглеводні виходять з колони у вигляді пари, зріджуються, утворюючи *бензин*. Частина бензину подається назад у колону для зрошення пари, що піднімається. Це сприяє охолодженню і конденсації відповідних вуглеводнів. Фракції, що виходять з колони синтезу, очищають від домішок сульфатною кислотою, лугом та іншими способами. Головний недолік перегонки нафти – малий вихід бензину (не більше 20%).

Рідка частина нафти, що надходить у колону, стікає по тарілках, утворюючи *мазут*. Щоб полегшити випаровування летких вуглеводів, які ще залишились у мазуті, назустріч рідині, що стікає, подають перегріту водяну пару.

Мазут – цінна суміш багатьох вуглеводнів. З нього додатковою перегонкою добувають *масла*, *мастила*, а також тверді *вазелін* і *парафін*. Кінцевою стадією так званих **вторинних методів переробки** нафти є нелетка темна маса – *гудрон*.

Щоб мазут піддати фракційній перегонці, його потрібно нагріти до температури значно вищої, ніж 350° С. Проте вуглеводні, що входять до складу мазуту, за таких великих температур розкладаються до сажі.

Щоб знизити температуру кипіння, процес ведуть при зниженому тиску у так званих *вакуумних установках*, перегонку нафти і мазуту здійснюють на спільних *атмосферно-вакуумних установках*. На атмосферній частині переганяють нафту, на вакуумній – мазут.

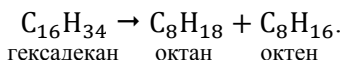


Рис. 27. Загальний вигляд атмосферно-вакуумної установки

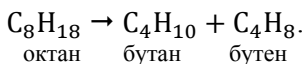
Вихід бензину з нафти можна збільшити (до 65-70%) розщепленням вуглеводнів з довгим ланцюгом, які містяться у мазуті, на вуглеводні з меншою молекулярною масою, що містяться у бензині. Цей процес називають *крекінгом*.

Крекінг нафтопродуктів. *Процес розщеплення (розкладу) вуглеводнів нафти на більш легкі речовини називається крекінгом.*

Процес крекінгу відбувається з розривом карбонових ланцюгів і утворенням простіших насичених і ненасичених вуглеводнів, наприклад:



Речовини, що утворились, частково можуть розкладатися далі:



Відомі два основні види крекінгу: *термічний* і *каталітичний*.

Термічний крекінг проводять при нагріванні мазуту до 400-550° С. Щоб вуглеводні залишались у рідкому стані, процес ведуть при тиску 2-7 МПа.

Для розділення рідких і газуватих речовин – продуктів крекінгу, їх спрямовують у *ректифікаційну колону*. Бензин термічного крекінгу містить у своєму складі ненасичені вуглеводні, а, отже, крекінг-бензин має більшу детонаційну стійкість, ніж бензин прямої перегонки (див. 3.2.3).

Проте крекінг-бензин менш стійкий при зберіганні. Внаслідок реакцій окиснення і полімеризації ненасичені вуглеводні з часом осмолюються, засмічуючи бензопроводи та утворюючи нагар на стінках циліндрів і клапанах карбюраторних двигунів.

Термічний крекінг відкрив російський інженер В. Г. Шухов (1886 р.).

Каталітичний крекінг проводять при наявності каталізаторів (переважно алюмосилікатів) при 450° С і атмосферному тиску.

Як сировину використовують газову і газойлеву фракції нафти. В умовах каталітичного крекінгу поряд з реакціями розщеплення відбуваються реакції ізомеризації.

➤ Згадайте, які реакції називаються реакціями ізомеризації і яким класам вуглеводів вони найбільш характерні?

Це впливає на якість бензину, бо збільшує концентрацію розгалужених алканів та значно підвищує його октанове число.

Головною технологічною новиною при каталітичному крекінгу було запровадження процесу *циркуляції каталізатора*.

З реактора каталізатор безперервно надходить у регенератор, де, обвуглюючись, відновлює свою активність, після чого, також, безперервно знову знаходить у реактор.

Крім того, здійснено спосіб ведення процесу у киплячому шарі (рис. 28).

Продукти крекінгу піднімаються у верхню частину реактора, проходять через очисники і далі надходять на ректифікацію у вакуумні ректифікаційні колони.

До вторинних процесів переробки належать також *піроліз і риформінг*.

Піролізом називається розкладення органічних речовин без доступу повітря при високій температурі.

В результаті піролізу (при температурі 700 і більше °C) утворюються ненасичені (етен і етин) і ароматичні (бензен, толуен і ін.) вуглеводні. Цей процес називається *ароматизацією нафти*.

Риформінг – нагрівання нафтопродуктів важких фракцій при наявності каталізатора (платини, молібдену).

При крекінг-процесі утворюється велика кількість газів, які містять алкани і алкени. Ці гази використовують як сировину для хімічної промисловості.



Рис. 28. Схема установки каталітичного крекінгу у киплячому шарі

3.2.3. Детонаційна стійкість бензинів

Детонаційна стійкість бензину – це кількісна характеристика його протистояння самозайманню при стискуванні. Щоб зрозуміти, що таке детонація, згадаємо як працює автомобільний двигун.

Чи відомо вам, що...

У чотиритактний карбюраторний двигун подається суміш пари бензину і повітря. Суміш стискується за рахунок зменшення об'єму камери згорання. У момент найменшого об'єму суміш підпалюється за допомогою електричної іскри. Чим сильніше стискається суміш пари бензину і повітря, тим більшу потужність розвиває двигун.

Проте не усі сорти бензину витримують сильне стискання. Бензини, що переважно містять нерозгалужені алкани, від стискування самозаймаються. Продукти згорання, об'єм яких різко зростає, з великою силою ударяють в днище поршня, що рухається до крайнього верхнього положення, викликаючи стукіт у циліндрах. При цьому передчасно зношуються деталі поршневої групи, падає потужність двигуна.

Для кількісної характеристики детонаційної стійкості бензинів введено так звану детонаційну шкалу.

Відомо, що найменш стійкі до детонації насичені вуглеводні нерозгалуженої будови. Найлегше серед них детонує *н-гексан* $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$. Октанове число цього вуглеводня умовно прийнято за 0.

Ізооктан – 2,2,4-триметилпентан $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$ має високу детонаційну стійкість. Його октанове число узят за 100.

Якщо октанове число бензину 92, то це означає, що він допускає таке саме стискування у циліндрі без детонації, як суміш, що складається з 92% *ізооктану* і 8% *н-гептану*.

Бензини прямої перегонки мають низькі октанові числа. При вторинній переробці нафти відбуваються реакції перетворення алканів у циклоалкани і арени, внаслідок чого октанове число значно підвищується.

Запитання для самоконтролю

1. Які процеси – фізичні чи хімічні лежать в основі перегонки нафти?
2. Які загальні технологічні принципи лежать в основі переробки нафти?
3. Назвіть продукти, які утворюються при переробці нафти? Які їх сфери застосування?
4. Як ви розумієте терміни «крекінг», «риформінг», «піроліз», «ізомеризація», «ароматизація»?
5. Чим відрізняється процес крекінгу від процесу перегонки?
6. Напишіть рівняння реакції розщеплення вуглеводнів C_8H_{18} , $C_{12}H_{26}$.
7. Порівняйте за складом і детонаційною стійкістю бензин прямої перегонки і крекінг-бензин.

Тестові завдання

1. Назвіть продукт, який не утворюється при первинній перегонці нафти:
а) метан; б) бензин; в) лігроїн; г) газойль.
2. Вкажіть сполуки, які входять до складу нафти:
а) алкени та алкіни; б) алкани, алкени, алкіни;
в) арени, алкіни, алкадієни; г) алкани, циклоалкани, арени.
3. Виберіть твердження, яке відповідає реакції ізомеризації вуглеводнів:
а) розщеплення алканів з утворенням низькомолекулярних продуктів;
б) каталітичне відщеплення водню від молекул алканів;
в) перетворення молекул нормальної будови на розгалужені ізомери;
г) окиснення киснем при високих температурах, що зумовлює утворення Карбон (IV) оксиду і води.
4. Для спалювання 0,1 кг пентану потрібно повітря, у якому міститься 20% кисню:
а) $12,37 \text{ м}^3$; б) $12,73 \text{ м}^3$; в) $13,27 \text{ м}^3$; г) $13,72 \text{ м}^3$.

3.3. КАМ'ЯНЕ ВУГІЛЛЯ

Кам'яне вугілля – продукт глибокого розкладення напоротей, хвоїць, плаунів, ранніх голонасінних, а також планктону без доступу повітря.



Рис. 29. Загальний вигляд коксових батарей

До середини XX століття коксохімія була основним постачальником для крупнотонажного виробництва і тонкого органічного синтезу. Сьогодні коксохімія помітно поступається в цьому відношенні нафтохімічній промисловості, проте внесок коксохімічних продуктів в сировинну базу хімії досить великий. Крім того, світові

запаси вугілля, у порівнянні з нафтою і природним газом, значно більші.

Відомі три способи хімічної переробки кам'яного вугілля: коксування, гідрування і газифікація.

3.3.1. Коксування кам'яного вугілля

Процес переробки кам'яного вугілля можна провести в лабораторних умовах (рис. 30).

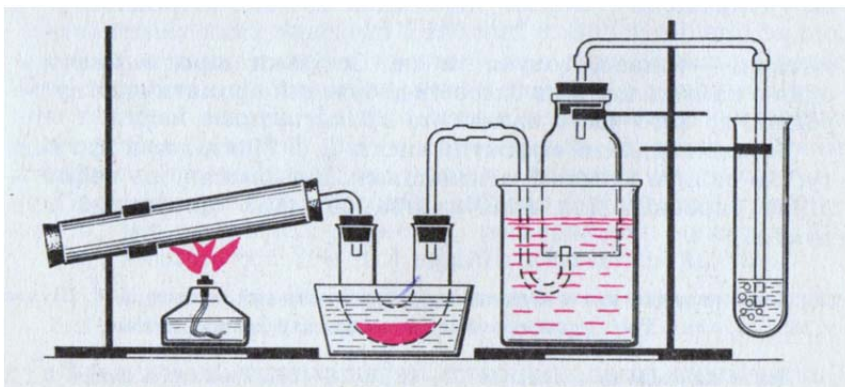


Рис. 30. Коксування кам'яного вугілля в лабораторії

При нагріванні вугілля у металічній трубці без доступу повітря (пояснить необхідність такої умови) рідкі і газуваті продукти направляються в U-подібну трубку. На дні трубки конденсуються смолисті речовини. Над ними осідає вода, у якій розчиняється

амоніак NH_3 . Газуваті речовини, що утворюються при цьому, можна зібрати в іншу посудину.

Отже, при нагріванні кам'яного вугілля без доступу повітря утворюються такі основні продукти: кокс, кам'яновугільна смола, амоніачна вода, коксовий газ.

Батарея коксових печей складається з кількох десятків довгих вузьких камер і опалювальних пристроїв, у каналах яких спалюють коксовий або доменний газ (рис. 31).

Камери завантажують кам'яним вугіллям крізь отвори, розташовані у верхній частині батареї коксових печей. Суміш газу і повітря попередньо нагрівають у так званих регенераторах, розміщених під камерами.

Раніше, ніж кам'яне вугілля завантажують у коксові печі, його збагачують: видаляють домішки, висушують і подрібнюють.



Рис. 31. Батарея коксових печей

Процес проходить за температури $1000-1150^{\circ}\text{C}$ і триває 14-16 годин. Складні органічні речовини, що входять до складу кам'яного



Вагон для гасіння коксу



Вивантаження згашеного коксу

вугілля, зазнають хімічних перетворень з утворенням так званого «*коксового пирога*» і газуватих речовин.

Коксовий піриг виштовхують спеціальним пристроєм у вагонетки, охолоджують водою або інертним газом (азотом).

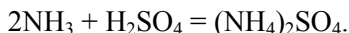
- ❖ **Кокс** у великих кількостях використовують при виплавці чавуну як високоякісне паливо і відновник залізної руди.

➤ *Напишіть рівняння реакцій хімічних перетворень, що відбуваються на кожній стадії доменного процесу.*

- ❖ У кольоровій металургії – для виплавки міді, свинцю, нікелю; як відновник при отриманні натрій сульфату, цинкових білил, вуглекислого газу; для випалювання вапняку, феросплавів, кальцій карбіду. Дрібний кокс використовують як паливо.

Легкі продукти надходять у газозбірник, де конденсується кам'яновугільна смола і амоніачна вода. Газ, що не піддався конденсації, називають **коксовим газом**.

До складу *коксового газу* входять: водень (60%), метан (25%), карбон (II) оксид (5%), азот (4%), амоніак, пари бензину, толуену, етилен тощо. Щоб вилучити амоніак, газ пропускають крізь розчин 76-78% сульфатної кислоти. Амоній сульфат, що утворюється при цьому, використовують як *азотне добриво*.



Ароматичні вуглеводні відокремлюють при допомозі розчинника і подальшою прегонкою розчину.

- ❖ Звільнений від амоніаку і аренів газ використовують як паливо і сировину для добування водню.

Кам'яновугільна смола містить близько 300 органічних речовин. Смолу нагрівають до 380-400° С. При таких температурах усі складові, за винятком пеку, перетворюються у пароподібний стан. При проходженні через ректифікаційну колону пари кам'яновугільної смоли охолоджуються, конденсуються і перетворюються у ряд окремих фракцій.

- ❖ Ректифікацією зі смоли отримують *бензен (60%), толуен (15%), нафталін (11%), ксилоли (1%), сполуки, що містять сірку, азот, кисень*. З бензену одержують *фенол, анілінові барвники, нітробензен, отрутохімікати, газ*и.

- ❖ Після фракціонування залишається чорна маса – *пек*, який використовують для будівництва, для виготовлення електродів, кровельних матеріалів, лаків, незамінних при фарбуванні залізних і дерев'яних конструкцій.

Надсмольна вода містить у своєму складі амоніак NH_3 , гідрогенсульфід H_2S , гідрогенхлорид HCl солі амонію, деякі органічні сполуки. З надсмольної води вилучають солі амонію і амоніак. Обидва складники використовують для виробництва мінеральних добрив. З гідрогенсульфіду виробляють сірку, сульфатну кислоту.



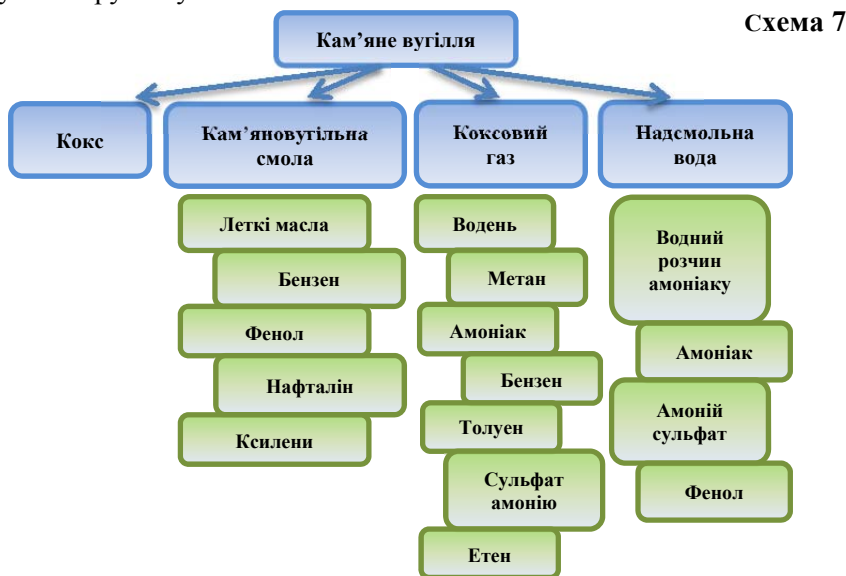
Рис. 32. Діаграма основних продуктів коксування кам'яного вугілля

При коксуванні з кожної тони вугілля добувають 75-80% коксу, 10-15% коксового газу, 3% смол, 1% бензену та амоніачну воду.

При коксуванні з кожної тони вугілля добувають 75-80% коксу, 10-15% коксового газу, 3% смол, 1% бензену та амоніачну воду.

амоніачну воду.

Перелік продуктів сухої перегонки (коксування) кам'яного вугілля зручно уявити за схемою:



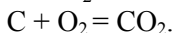
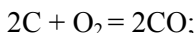
В Україні вперше якісний кам'яновугільний кокс було виготовлено у 1799 р. для потреб Луганського ливарного заводу.

Нині коксохімічні заводи працюють у Донецькій, Дніпропетровській, Луганській і Запорізькій областях.

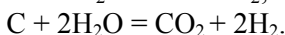
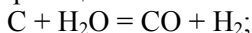
3.3.2. Газифікація і гідрування кам'яного вугілля

Газифікація кам'яного вугілля – високотемпературний процес взаємодії Карбону вугільного палива з окисниками, який здійснюється з метою одержання горючих газів.

Процес відбувається при температурі 800-900° С у присутності повітря, збагаченого киснем, водяної пари, вуглекислого газу, водню. Результатом високотемпературних реакцій є перетворення без залишку органічних речовин кам'яного вугілля, що перебувають у твердому агрегатному стані, у газуваті продукти. Серед газової суміші *карбон (II) оксид CO, метан CH₄, водень H₂*. Процес газифікації вугілля проводять у так званих газогенераторах. При подачі у газогенератор кисню або повітря, збагаченого киснем, відбувається горіння твердого палива:

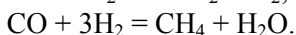
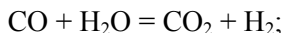


Якщо разом з киснем у генератор подають водяну пару, то у відновній зоні протікають реакції:



У цьому випадку газ, що утворився, містить два горючих компоненти: карбон (II) оксид CO і водень H₂.

Крім того, можуть протікати гомогенні реакції між газуватими продуктами:



Газ, що відводиться з газогенератора, містить продукти газифікації і продукти піролізу (газ, пару смоли, водяну пару).

Процес газифікації вугілля проводять також під землею, коли вугілля перебуває безпосередньо у пластах. Через бурові свердловини до пластів вугілля постійно подають повітря, рідше – його суміш з киснем. При цьому відбувається взаємодія оксидів карбону

і водяної пари, що утворюються у зоні спалювання вугілля, з Карбоном стінок пласта.

Одержані горючі гази використовують як паливо, рідше – як сировину.

Перша у світі промислова станція підземної газифікації стала до ладу у 1937 р. у м. Горлівці (Донецька обл.).

У зв'язку з зростанням обсягів світового видобутку природного газу спостерігається зменшення питомої ваги горючих газів, що отримують шляхом газифікації кам'яного вугілля у паливно-енергетичному комплексі України.

Гідрування (гідрогенізація) – *перетворення вугілля (переважно бурого) під тиском водню у рідкі і газуваті продукти при температурі 400-500°C та наявності каталізатора.*

Таким способом отримують бензин, дизельне паливо, мастильні масла, парафіни, фенол тощо. Проте, технологічні складнощі, що виникають при гідруванні, а також збільшення обсягів добування нафти а, отже, і обсягів її переробки, стали на заваді масовому впровадженні цього способу переробки вугілля.

3.3.3. Охорона довкілля від забруднення при переробці вуглеводневої сировини

Не можна не відзначити вплив коксохімічного виробництва на довкілля. Так, з однієї коксової печі при звичайному завантаженні в атмосферу надходять 3-5 кг вугільного пилу, 2,2 кг вуглекислого газу, а також пара кам'яновугільної смоли, масел і вуглеводні.

Істотним процесом, що впливає на міграцію хімічних речовин з



Рис. 33. Башти гасіння коксу

кокових батарей у довкілля, є гасіння коксу. Коли вода стикається з розжареним коксом, з башт гасіння виділяється багато водяної пари, яка містить велику кількість різноманітних домішок. Білі «султани», що періодично з'являються над баштами гасіння – характерна ознака коксохімічного заводу (рис. 33).

Безперечно, деякі заходи, спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля, проводяться. Так, за допомогою спеціальних вбирників вловлюються гідрогенсульфід H_2S , що виділяється з коксового газу. З нього добувають сульфатну кислоту, яка використовується на коксохімічних заводах для виробництва амоній сульфату.

Метод біохімічного очищення стічних вод забезпечує глибоке очищення вод від фенолу. Розпочате використання озону для очищення вод від ціанідів і роданідів.

Великого значення для оздоровлення атмосфери набуває впровадження способу сухого гасіння коксу інертними газами, який значно скорочує небезпечні викиди в атмосферу.

Ця новітня екологічно нешкідлива технологія все глибше використовується на коксохімічних заводах України.

З екологічного погляду коксохімічне виробництво вимагає не лише поліпшення певних його ланок, а й докорінної перебудови у повністю безвідходне з комплексним використанням нових технологічних рішень.

Обробка і використання вуглеводної сировини на багатьох інших хімічних виробництвах також пов'язана з проблемами охорони навколишнього середовища.

Кожного дня, наприклад, відбуваються викиди в атмосферу вуглекислого газу CO_2 , який утворюється під час спалювання горючих речовин у побуті, на транспорті, у багатьох галузях промисловості.

Підвищення концентрації вуглекислого газу спричиняє парниковий ефект.

У результаті використання і переробки горючих корисних копалин атмосфера забруднюється шкідливими речовинами, такими як *чадний та сірчистий гази, метаном* та ін. Усі ці речовини спричиняють *фотохімічний смог, кислотні дощі* тощо.

Фотохімічний смог утворюється в результаті реакцій, що відбуваються під впливом сонячного світла. При цьому, крім наявних у повітрі забрудників, додатково утворюються *бурий газ NO_2 , озон O_3* . Озон реагує з вуглеводнями, які перебувають у повітрі при неповному згорянні пального. У результаті утворюються продукти, небезпечні для здоров'я людей і шкідливі для довкілля.

Яким чином можна позбутися шкідливих забрудників, що утворюються в процесі виробництва і використання вуглеводнів?

По-перше, можна ощадливо використовувати ці продукти, тим самим, зменшувати кількість шкідливих викидів.

По-друге, можна з палива вилучати сірку ще до його використання.

По-третє, можна вловлювати відходи після згоряння палива за допомогою фільтрів.

По-четверте, можна замінити джерела енергії: замість енергії палива використовувати енергію сонця, вітру, води, ядерну та геотермальну енергію.

Чи відомо вам, що...

...Тільки загальний світовий запас геотермальних вод становить 700 млн м³. Якщо лише 10% теплової енергії цієї кількості геотермальних вод перетворити в електричну енергію, то її вистачило б на 4 млрд років.

...За три доби Земля дістає від Сонця таку кількість енергії, яка могла б звільнитися при спалюванні усіх існуючих запасів вугілля, газу, нафти, і деревини. Отже, Сонце могло б задовільнити будь-які потреби нашої цивілізації.



Лабораторний дослід № 4

Ознайомлення з зразками продуктів коксування кам'яного вугілля

Розгляньте видані вам колекції «Кам'яне вугілля», заповніть таблицю:

Продукти коксування	Галузі використання

Завдання для самоконтролю

1. Який процес називають коксуванням кам'яного вугілля?
2. Які основні продукти одержують при коксуванні кам'яного вугілля?
3. Які основні продукти добувають і де вони застосовуються:
а) з кам'яновугільної смоли; б) з надсмольної води;
в) з коксового газу?

4. Що є спільного і чим відрізняються фракційна перегонка нафти і суха перегонка кам'яного вугілля?
5. Які наукові принципи лежать в основі цих процесів?
6. Які заходи можна запропонувати для захисту довкілля від можливого його забруднення під час переробки кам'яного вугілля?
7. Амоніак міститься в амоніачній воді як у розчиненому стані, так і у вигляді солей. Який спосіб запропонували б ви для найповнішого виділення амоніаку з амоніачної води?
8. Скільки літрів і кілограмів вуглекислого газу утвориться в результаті згоряння 5 моль октану?
9. Обчисліть кількість теплоти, що виділиться в наслідок спалювання 1 тони вугілля одного з родовищ, що містить 87% Карбону, якщо $\Delta H = -402$ кДж/моль.
10. Обчисліть, яку масу коксу, що містить 84% Карбону, необхідно використати для відновлення 300 кг залізної руди, яка містить 75% ферум (III) оксиду, якщо втрати у виробництві становлять 15%.

Тестові запитання

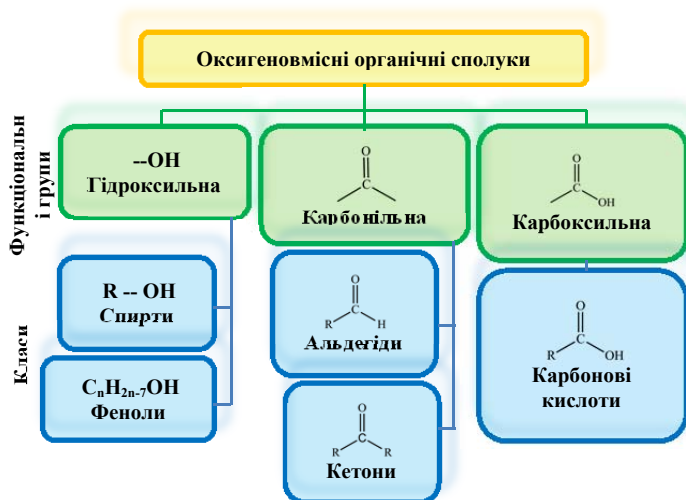
1. Чому переробку вугілля називають сухою перегонкою:
 - а) проводиться без доступу повітря;
 - б) проводиться без доступу води;
 - в) переганяють сухою парою;
 - г) висушує продукт?
2. Процес коксування кам'яного вугілля триває:
 - а) 6-8 год;
 - б) 10-12 год;
 - в) 14-16 год;
 - г) 18-20 год.
3. Вкажіть продукт, що не входить до складу коксового газу:
 - а) гідрогенхлорид;
 - б) водень;
 - в) амоніак;
 - г) метан.
4. Яке паливо добувають з надр Землі:
 - а) газойль;
 - б) біодизельне паливо;
 - в) газолін;
 - г) буре вугілля?

Розділ 4. ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

До складу органічних сполук, крім Карбону і Гідрогену, можуть входити атоми Оксигену, Нітрогену, Сульфору, Фосфору тощо. Найчастіше в органічних сполуках трапляється Оксиген. Цю велику групу називають «Оксигеновмісні органічні сполуки». Сполуки, залежно від наявності певних функціональних груп, включають такі найважливіші класи: *спирти, феноли, альдегіди, кетони, карбонові кислоти, етери, естери, вуглеводи*.

Детальнішу класифікацію оксигеновмісних органічних сполук можна розглянути по схемі.

Схема 8



Розгляд оксигеновмісних органічних сполук розпочнемо з класу спиртів.

4.1. СПИРТИ. ОДНОАТОМНІ СПИРТИ

4.1.1. Класифікація спиртів

Спирти – органічні сполуки, похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені функціональною гідроксигрупою – OH.

Їх можна розглянути як *сполуки, що містять одну або кілька гідроксогруп – OH, сполучені з вуглеводневим радикалом.*

Загальна формула одноатомних спиртів $R-OH$ або $C_nH_{2n+1}-OH$. Гідроксогрупа $-OH$ є функціональною групою спиртів.

Функціональними називають групи атомів, які зумовлюють характер хімічних властивостей певного класу органічних сполук.

Спирти класифікують за різними структурними ознаками, серед них:

а) *За числом гідроксильних груп $-OH$ спирти поділяються на:*

одноатомні (молекула такого спирту містить одну гідроксильну групу $-OH$).

багатоатомні (молекули спирту містять дві і більше гідроксогрупи $-OH$)

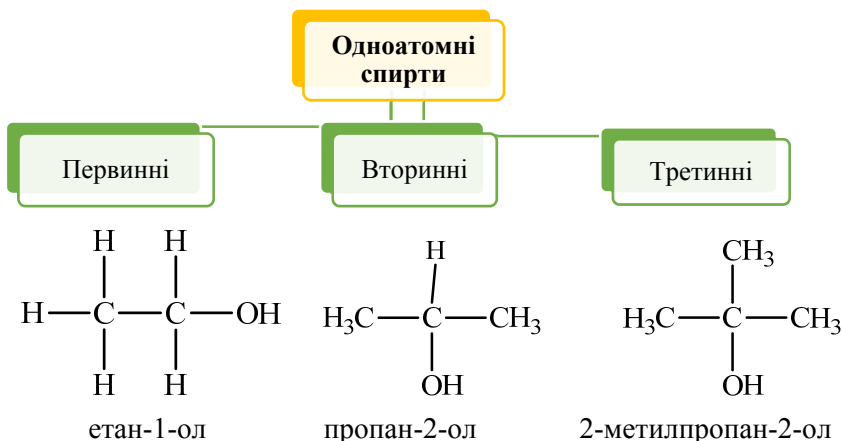
б) *Залежно від того, з яким атомом Карбону зв'язана гідроксогрупа $-OH$, розрізняють спирти:*

первинні;

вторинні;

третинні.

Схема 9



в) *За будовою радикалів, пов'язаних з атомом Оксигену, спирти поділяються на такі:*

Насичені (CH_3-CH_2-OH);

Ненасичені ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH}$);

Ароматичні ($\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{OH}$).

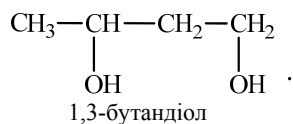
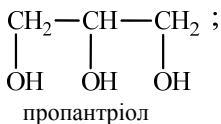
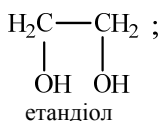
Ненасичені спирти з *ОН*-групою при атомі Карбону, що з'єднаний з іншим атомом подвійним зв'язком, дуже нестійкі і відразу ж вступають у реакції ізомеризації, утворюючи альдегіди або кетони. Наприклад, вініловий спирт $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{OH}$ перетворюється на оцтовий альдегід $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$.

4.1.2. Номенклатура спиртів

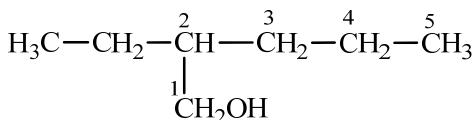
За основу історичної номенклатури беруть найменування у вигляді прикметника, вказують атом Карбону, біля якого розміщена гідроксигрупа *ОН* і додають слово «спирт». Так, наприклад, сполука $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ називається первинним бутиловим спиртом, сполука $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}_3$ – вторинним бутиловим спиртом, а сполука $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)(\text{OH}) - \text{CH}_3$ – третинним ізобутиловим спиртом.

За систематичною (ІЮПАК) номенклатурою правила також допускають тривіальні назви (саліциловий спирт, етиленгліколь, гліцерин тощо). Проте – це, швидше, виняток. В основу систематичної номенклатури для одноатомних спиртів беруть назву відповідного вуглеводня і додають суфікс «ол», наприклад: $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH}$ – *етанол*, $\text{C}_3\text{H}_7 - \text{OH}$ – *пропанол*, $\text{C}_5\text{H}_{11} - \text{OH}$ – *пентанол*.

При утворенні назви багатоатомних спиртів до назви вуглеводню додають суфікс «діол», «тріол»:



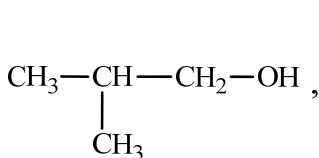
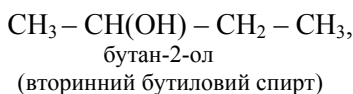
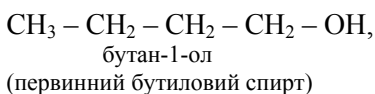
Головним у молекулі спиртів є найдовший карбоновий ланцюг, причому він повинен обов'язково містити функціональну *ОН*-групу. Нумерацію атомів Карбону розпочинають з того кінця, до якого ближче розміщена гідроксигрупа *ОН*, наприклад:



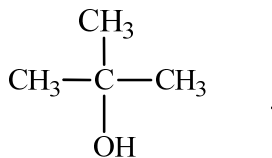
2-етилпентан-1-ол.

4.1.3. Ізомерія спиртів

Для спиртів характерна *структурна* ізомерія карбонового ланцюга і *положення у ньому гідроксогрупи* –ОН. Наприклад, молекулярній формулі $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ відповідають чотири ізомери:



2-метилпропан-1-ол
(первинний ізобутиловий спирт)



2-метилпропан-2-ол
(третинний ізобутиловий спирт)

Крім структурної, спиртам характерна *міжкласова* ізомерія. Так, наприклад, молекулі $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ відповідають сполуки $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (одноатомний спирт) і CH_3OCH_3 (диметиловий етер) ^{*1}.

4.1.4. Насичені одноатомні спирти. Гомологічний ряд

➤ *Згадайте, які речовини називаються гомологами. Наведіть приклади представників гомологічного ряду алканів.*

Дані про гомологічний ряд насичених одноатомних спиртів наведено у таблиці 4.1.

^{*1}. Етери – сполуки, у молекулах яких атом Оксигену сполучений з двома однаковими або різними радикалами $\text{R}-\text{O}-\text{R}$ або $\text{R}-\text{O}-\text{R}_1$.

Таблиця 4.1

Гомологічний ряд метану і спиртів

Метану	Спиртів	Темпера- тура кипіння °C	Темпера- тура плавлення °C
CH ₄ Метан	CH ₃ -OH – метанол, метиловий	64,7	-97,8
C ₂ H ₆ Етан	CH ₃ -CH ₂ -OH – етанол, етиловий	78,3	-117,3
C ₃ H ₈ Пропан	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -OH – пропанол, пропіловий	97,2	-127,0
C ₄ H ₁₀ Бутан	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH – бутанол, бутиловий	117,7	-79,2
C ₅ H ₁₂ Пентан	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH – пентанол, аміловий	137,8	-78,5
C ₆ H ₁₄ Гексан	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH – гексанол, гексиловий	157,2	-51,6
C ₇ H ₁₆ Гептан	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH – гептанол, гептиловий	176,3	-34,1

➤ *Складіть формули сполук, дайте їм назву за систематичною нумерацією у послідовності, згідно з заданою таблицею.*

4.1.5. Фізичні властивості спиртів. Водневий зв'язок

Одноатомні спирти, у яких кількість атомів від 1 до 10 – рідини, а від 11 і вище – тверді кристалічні речовини. Усі спирти легші за воду. Розчинність їх у воді зменшується відповідно до зростання відносної молекулярної маси. Метанол і етанол змішуються з водою у будь-яких кількісних співвідношеннях.

Вищі спирти практично не розчиняються у воді. Температура кипіння спиртів набагато вища, ніж температура кипіння вищих алканів. Крім того, зверніть увагу, що у гомологічному ряді одноатомних спиртів відсутні представники, які б перебували у газуватому стані.

Причиною цього є легкість утворення водневих зв'язків між молекулами спирту та молекулами спирту і води.

Нагадуємо, що **водневий зв'язок виникає між атомом Гідрогену і атомами елементів, електронегативність яких різко відрізняється (H – F, H – O, H – N).**

У молекулах спиртів атом Гідрогену, що входить до OH-групи, розміщений не на одній площині з вуглеводневим радикалом, а під

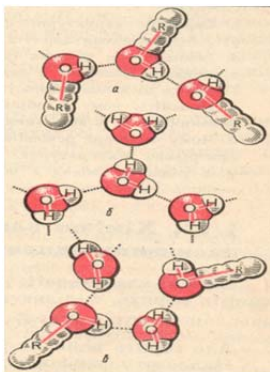
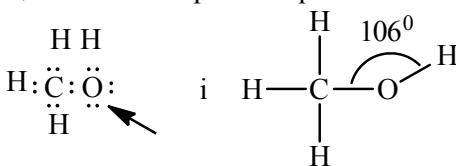


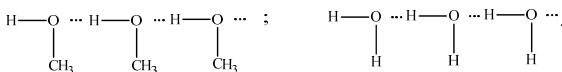
Рис. 34. Схема утворення зв'язків між молекулами:

а – спирту; б – води;
в – води і спирту

деяким кутом. Крім того, атом Оксигену має ще вільні електронні пари:



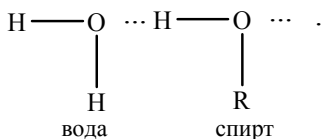
Він може взаємодіяти з Гідроеном іншої молекули спирту або між молекулами води:



Такі молекули спиртів називаються *асоційованими*. Сполуки, що містять асоційовані молекули, є рідинами.

На розрив зв'язку $\text{H} - \text{O}$ витрачається більше енергії, тому температура кипіння спиртів вища за цей показник у вуглеводнів.

Водневий зв'язок може виникати і між молекулами різних речовин:

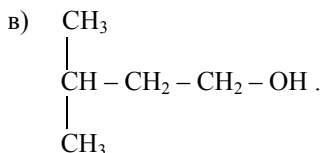
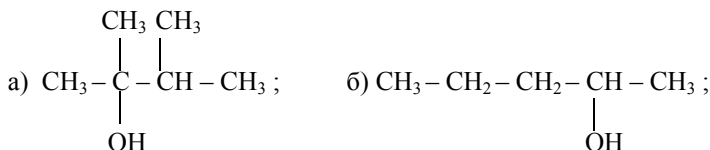


Міжмолекулярні зв'язки слабкі, тому одноатомні спирти леткі, необмежено розчиняються у воді.

Завдання для самоконтролю

1. Дайте визначення спиртам. Як класифікуються спирти? Наведіть приклади спиртів, що належать до різних груп.
2. Назвіть представників гомологічного ряду одноатомних спиртів, вкажіть їх формулу.
3. Які види ізомерії характерні для спиртів?
4. Дайте визначення водневого зв'язку, назвіть його види. Як водневий зв'язок позначається на властивостях спиртів?

5. Складіть структурні формули:
 - а) двох найближчих гомологів бутанолу;
 - б) двох найближчих ізомерів гексанолу.
6. Складіть формули насичених одноатомних спиртів і підрахуйте масову частку Оксигену в них:
 - а) якщо до складу спирту входить 8 атомів Карбону;
 - б) якщо до складу спирту входить 12 атомів Гідрогену.
7. Назвіть за систематичною номенклатурою спирти, що мають такі формули:



8. Напишіть структурні формул сполук за їхніми назвами:
 - а) 2-метилпентан-2-ол;
 - б) 2,3-диметилбутан-2-ол;
 - в) 3,3-діетил-4-метилгексан-2-ол;
 - г) 2,4-дихлоргептан-2-ол;
 - д) 4,5-діетил-4,5,6,6-тетраметил-3-ол.
9. Виведіть формулу спирту, який містить С – 37,45%, Н – 12,5%, О – 50%.
10. Скільки літрів повітря необхідно для спалювання метану об'ємом 2 л ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$), масова частка кисню у повітрі 21%?

Тестові завдання

1. Вкажіть загальну формулу насичених одноатомних спиртів:
 - а) $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{OH}$;
 - б) $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$;
 - в) $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$;
 - г) $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.

2. Вкажіть зміну розчинності у воді зі збільшенням молекулярної маси спиртів:
 - а) зменшується;
 - б) збільшується;
 - в) не змінюється;
 - г) змінюється неоднозначно.
3. Визначте найрухливіші атоми Гідрогену у молекулах спиртів:
 - а) біля першого атома Карбону у карбоновому ланцюгу;
 - б) біля другого атома Карбону у карбоновому ланцюгу;
 - в) гідроксогрупи;
 - г) біля останнього атома Карбону у карбоновому ланцюгу.
4. При горінні етанолу виділився вуглекислий газ об'ємом 11,2 л. При цьому згоріло етанолу масою:
 - а) 5,75 г;
 - б) 11,5 г;
 - в) 23 г;
 - г) 46 г.

4.2. ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, СПОСОБИ ДОБУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СПИРТІВ

4.2.1. Хімічні властивості

Для спиртів, як і для інших класів органічних сполук, характерні реакції окиснення. Проте, більшість хімічних властивостей зумовлені наявністю у їх молекулах ковалентних полярних зв'язків $O-H$ і $C-O$.

● **Повне окиснення (реакція горіння)** проходить на повітрі з виділенням теплоти:

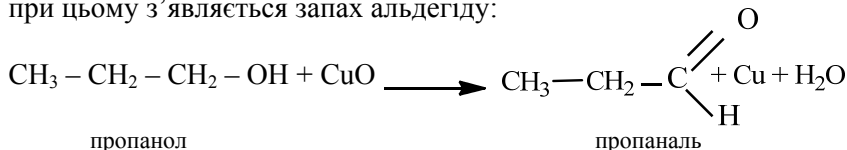


Перші представники гомологічного ряду горять синюватим полум'ям. Спирти з більшою молекулярною масою горять жовтим полум'ям, залишаючи на дні посудини, у якій проходить горіння, чорний осад (сажу).

● **Неповне окиснення** первинних одноатомних спиртів відбувається унаслідок дії кисню повітря та наявності каталізатора ($KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, CuO). Спирти при цьому окиснюються до альдегідів, які далі перетворюються у карбонові кислоти:



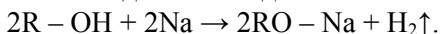
Якщо у спирт занурити розжарену мідну дротину, покриту купрум (II) оксидом чорного кольору, то дротина стає блискучою, при цьому з'являється запах альдегіду:



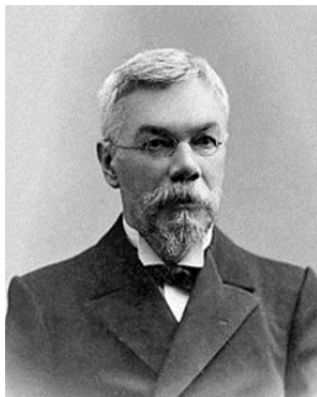
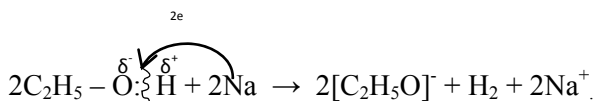
Реакція взаємодії насичених одноатомних спиртів з купрум (II) оксидом є якісною на ці сполуки.

• **Взаємодія з металами.**

Спирти взаємодіють з активними металами (Na, K, Mg, Al, і ін.), утворюючи *алкоголяти* і виділяючи водень:



Взаємодія спиртів з металами відбувається з йонним розщепленням полярного зв'язку O – H:



**Олександр Михайлович Зайцев
(1841-1940)**

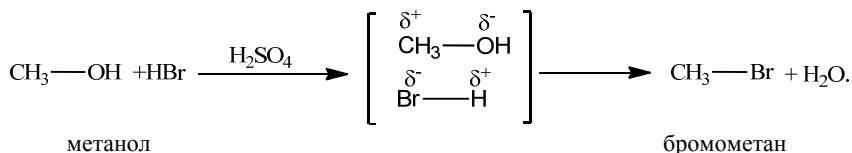
російський хімік-органік

Професор Казанського університету. Його праці сприяли розвиткові і ствердженню теорії хімічної будови О. М. Бутлерова. Розробив загальний спосіб синтезу первинних і третинних спиртів, синтезував ряд насичених і ненасичених вуглеводнів, виховав велику школу

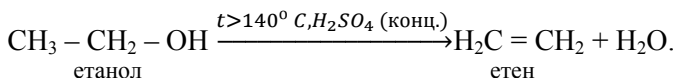
Можна відмітити, що насичені одноатомні спирти проявляють кислотні властивості, бо в процесі взаємодії з металами відщепленню підлягає протон H^+ . Проте спирти не належать до класу кислот, оскільки ступінь їхньої дисоціації у багато разів нижча навіть від води. Крім того, водні розчини спиртів не діють на індикатори.

Зниження ступеня дисоціації спиртів у порівнянні з водою можна пояснити впливом вуглеводневого радикала. Зміщення радикалом електронної густини зв'язку $C - O$ до атома Оксигену збільшує у цьому атомі частковий негативний заряд, внаслідок чого він міцніше утримує атом Гідрогену і відщеплення його у вигляді протона утруднюється.

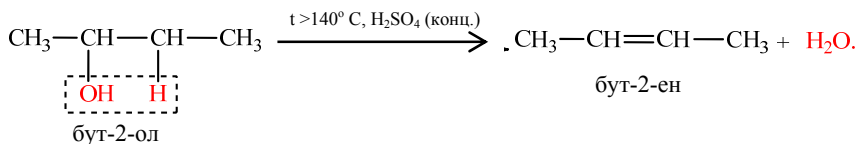
• **Взаємодія з галогеноводнями.** У присутності сульфатної кислоти як водовідбірної речовини і при нагріванні галогеноводні взаємодіють зі спиртами. При цьому гідроксигрупа заміщується на атом галогену, наприклад:



• **Дегідратація спиртів.** При нагріванні спиртів за наявності каталізатора Al_2O_3 , H_2SO_4 (якщо кислота в надлишку) відбувається відщеплення води з утворенням ненасичених вуглеводнів:



Дегідратація вторинних спиртів відбувається за «правилом Зайцева»: атом Гідрогену відщеплюється від найменш гідрогенізованого атома Карбону, розміщеного поряд з атомом Карбону, що утримує OH -групу:



$$\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\boxed{\text{H}+\text{HO}}-\text{C}_2\text{H}_5 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{P}_2\text{O}_5), t, 150^\circ \text{C}} \text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}.$$

діетиловий етер

- $$\begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH} \xrightarrow{\text{Cu, 200-300}^\circ \text{C}} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \end{array} + \text{H}_2; \\ \text{этанол} \qquad \qquad \qquad \text{этаналь} \\ \\ \text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3 \xrightarrow{\text{Cu, 200-300}^\circ \text{C}} \text{H}_3\text{C} - \underset{\text{O}}{\text{C}} - \text{CH}_3 + \text{H}_2. \\ \qquad \qquad \qquad \text{диметилкетон}^1 \end{array}$$

$$2\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH} \xrightarrow[t\ 450^\circ\text{C},\ \text{Al}_2\text{O}_3]{} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}.$$

етанолбутан-1,3-дієн

- $$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}} + \text{HO}^{18}-\text{C}_2\text{H}_5 \xrightarrow{t^\circ, \text{H}_2\text{SO}_4} \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}^{18}-\text{C}_2\text{H}_5}{\text{C}}} + \text{H}_2\text{O}.$$
- оцтова кислота етанол етиловий естер оцтової кислоти

157

4.2.2. Добування спиртів

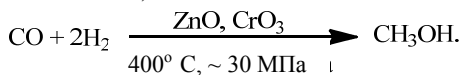
Серед насичених одноатомних спиртів найбільше промислове значення мають *метанол* і *етанол*.

Добування метанолу

❖ Метиловий спирт $\text{CH}_3\text{--OH}$ рідина, добре розчиняється у воді і органічних розчинниках, кипить при $64,5^\circ\text{C}$, **дуже отруйний**.

Раніше метанол добували сухою перегонкою тирси, тому одна з тривіальних назв метанолу – *древесний спирт*. Проте найдавніший метод втрачає своє значення.

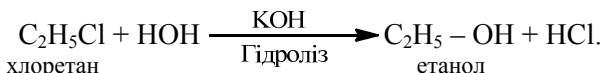
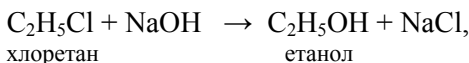
❖ Для синтетичного одержання використовують синтез-газ (суміш, яка містить CO і H_2):



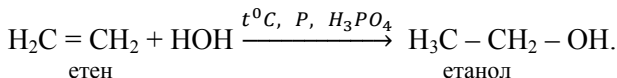
Добування етанолу

❖ Етиловий спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{--OH}$ – безбарвна рідина з характерним запахом, пекучий на смак, кипить при $78,3^\circ\text{C}$. Етанол добре розчиняється у воді і сам є добрим органічним розчинником.

❖ Загальним промисловим методом добування одноатомних спиртів і лабораторним методом добування етанолу є *дія на галогенопохідні алканів розчинами лугів або їх гідролізом*:



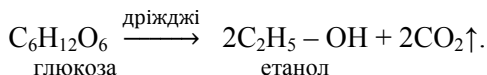
❖ На сучасному виробництві етанол добувають *гідратацією етилену (етену)* за допомогою водяної пари:



Контактний апарат для добування етанолу гідратацією етилену являє собою сталеву колону, висотою до 10 м, викладену зсередини мідними пластинками (*подумайте чому*). У виробництві етанолу цим методом використовують «*принцип циркуляції*» тому, що вихід

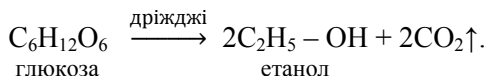
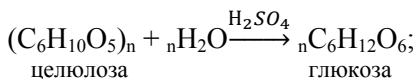
етанолу не перевищує 0,05%. Після охолодження у теплообміннику, продукт реакції направляють у ректифікаційну колонну.

❖ *Спиртове бродіння цукристих речовин.* При цьому дріжджові грибки виробляють ферменти, які виконують каталітичну функцію:



Таким методом одержують етанол, який називають *винним спиртом*.

❖ *Гідролізом целюлози* з наступним бродінням продуктів гідролізу:



Таким методом добувають *гідролізний спирт*.

4.2.3. Застосування спиртів

Застосування метанолу:

- ✚ в органічному синтезі як відновник;
- ✚ для добування мурашиного альдегіду (формальдегіду), який використовують як дизенфікуючий засіб (*40% розчин формальдегіду відомий під назвою формалін*) і як сировину для виробництва фенолоформальдегідних смол;
- ✚ як сировину для виробництва барвників, фотореактивів, фармацевтичних препаратів.

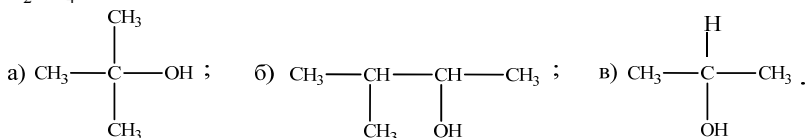
Застосування етанолу:

- ✚ як пальне у двигунах внутрішнього згорання;
- ✚ у медицині як бактеріоцидний засіб;
- ✚ розчинник, консервант для виготовлення і зберігання фармацевтичних препаратів, косметичних засобів, пахучих речовин;

✚ для виробництва хлороформу, оцтової кислоти, бутадієнового каучуку, пластмас тощо.

Завдання для самоконтролю

- З якими із перерахованих нижче речовин реагує етанол: гідрогенбромід, водень, натрій гідроксид, кисень, натрій, купрум (II) оксид, калій перманганат? Напишіть рівняння можливих реакцій і зазначте умови їх перебігу.
- Коли пропускати гідрогенхлорид крізь пропанол, утворюється галоген-похідна пропану. Складіть рівняння реакції і назвіть цю речовину.
- Напишіть рівняння реакцій:
 - добування метанолу з метану;
 - взаємодію пропанолу з кальцієм;
 - окиснення етанолу купрум оксидом;
 - добування етанолу з оцтової кислоти.
- Які спирти можна добути гідратацією таких вуглеводнів:
 - 1-бутену;
 - 2-бутену;
 - 2-пентену;
 - 2-метилпропену?
- Здійсніть такі перетворення:
 - $C \rightarrow CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5ONa$
 - $C_2H_4 \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_5-O-C_2H_5$
- Напишіть рівняння реакцій дегідратації спиртів, формули яких наведено нижче при температурі $<140^\circ C$ і наявності каталізатора H_2SO_4 :



- Яка маса натрій пропілату може бути отримана взаємодією пропанолу масою 15 г з натрієм масою 9 г?
- Назвіть галузі застосування метанолу і етанолу.
 - Метанол кількістю речовини 0,5 моль нагріли з надлишком калій броміду і сульфатної кислоти, отримали брометан масою 38 г. Визначте вихід брометану.
 - Натрій масою 12 г помістили в етанол об'ємом 23 мл і густиною 0,8 г/мл. Масова частка води в етанолі становить 5%. Який об'єм водню виділиться при цьому? Об'єм обчисліть за нормальних умов.

Тестові завдання

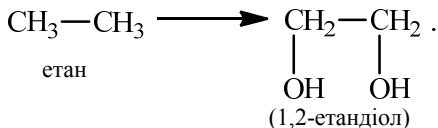
1. Виберіть сполуки, до яких окиснюються первинні спирти:
а) кетони;
б) алкени;
в) естери;
г) альдегіди.
2. Виберіть речовину, для добування якої використовують синтез-газ:
а) ацетальдегід;
б) фенол;
в) метанол;
г) оцтова кислота.
3. Встановіть сполуку, яку можна добути окисненням проп-1-олу:
а) етаналь;
б) пропаналь;
в) бутаналь;
г) пропанол.
4. Визначте продукт міжмолекулярної дегідратації етилового спирту:
а) діетиловий етер;
б) етилметиловий етер;
в) етиловий етер метанової кислоти;
г) етен.

4.3. БАГАТОАТОМНІ СПИРТИ

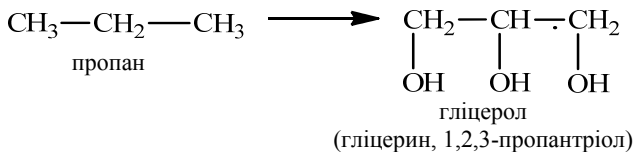
4.3.1. Будова і фізичні властивості

Багатоатомними спиртами називають органічні сполуки, до складу молекул яких входить кілька гідроксильних груп $-OH$, сполучених з вуглеводневим радикалом.

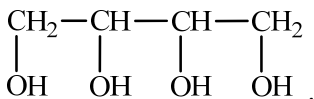
Формули багатоатомних спиртів можна вивести з формул відповідних алканів, замінюючи в них атоми Гідрогену на OH -групи. Так, наприклад, якщо в молекулі етану замінити два атоми Гідрогену біля двох атомів Карбону на гідроксильні групи $-OH$, то отримаємо формулу молекули двоатомного спирту *етиленгліколю* (1,2-етандіолу):



Якщо у молекулі пропану замінити три атоми Гідрогену на ОН-групи, то матимемо триатомний спирт *гліцерол* (гліцерин, 1,2,3-пропантріол):



Відомі спирти більшої атомності. Так, представником чотириатомних спиртів є *еритрит*:



П'ятиатомні спирти називають *пентидами*, *шестиатомні* – *гексидами* і т. д.

Ви помітили, що у багатоатомних спиртах ОН-групи містяться біля різних атомів Карбону. Добути багатоатомний спирт, у якому біля одного атому карбону містилося б дві ОН-групи, не вдається, оскільки така сполука нестійка.

➤ Згадайте будову карбонатної кислоти $\begin{array}{c} \text{HO} \\ \text{HO} \end{array} > \text{C} = \text{O}$. Ця речовина існує тільки у водному розчині. При будь-якій спробі виділити її у чистому вигляді – сполука розпадається: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

Найважливішими представниками багатоатомних спиртів є етиленгліколь і гліцерол. Їх ми і розглянемо.

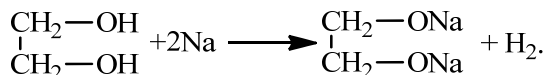
Етиленгліколь і гліцерол – в'язкі сироподібні безбарвні рідини, солодкі на смак, без запаху, гігроскопічні, добре розчинні у воді і етанолі, легко змішуються з ними у будь-яких кількісних співвідношеннях.

Температура кипіння етиленгліколю – 197° С, густина 1,11, а гліцеролу – +290° С і 1,26 відповідно.

Етиленгліколь – надзвичайно отруйна речовина.

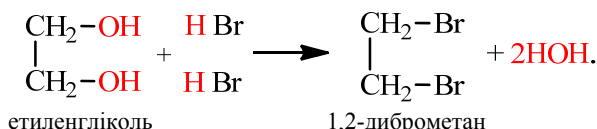
4.3.2. Хімічні властивості

Маючи ОН-групи, багатоатомні спирти за хімічними властивостями схожі до одноатомних. Так, наприклад, багатоатомні спирти, як і одноатомні, взаємодіють з активними металами:

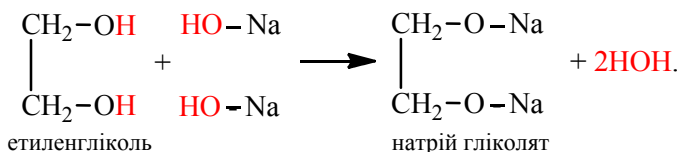


Гліцерол також взаємодіє з лужними металами. Продукти цієї реакції називаються гліцератами.

При дії гідрогенгалогенідних кислот (HCl, HBr, HI) на багатоатомні спирти заміщується гідроксогрупа –OH:

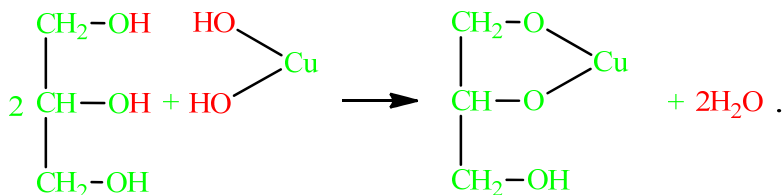


Наявність кількох гідроксильних груп –OH у багатоатомних спиртах збільшує рухливість атомів Гідрогену. При цьому у сполуках посилюються кислотні властивості. Вони легко вступають в реакції заміщення Гідрогену з лугами і гідроксидами важких металів:



Якщо до свіжоприготовленого розчину купрум (II) гідроксиду (подумайте, як його можна одержати) у присутності лугу прилити гліцерол, то осад розчиняється, утвориться розчин яскраво-синього кольору купрум (II) гліцерату.

Ця реакція є якісною на багатоатомні спирти.



Реакцію наведено у спрощеному вигляді, бо при цьому утворюються складніші сполуки. Проте факт проходження такої реакції свідчить про вплив ОН-груп однієї на іншу.

Ви вже дізнались, що гліцерол взаємодіє з гідрогенгалогенідами кислотами. Ця сполука може взаємодіяти з іншими мінеральними кислотами, зокрема нітратною. При цьому утворюється *тринітрогліцерол* – естер нітратної кислоти і триатомного спирту гліцеролу:

гліцерол

тринітрат гліцеролу

Ця сполука відома під історичною назвою «*нітрогліцерин*», яка не відповідає будові її молекули.



Лабораторні досліді № 5, 6

Досліді з гліцеролом

Дослід 5. Розчинність гліцеролу у воді.

У пробірку наливають гліцерол об'ємом 1-2 мл і обережно доливають воду об'ємом 2-3 мл. Суміш енергійно збовтують. Спостерігаємо однорідний розчин.

Дослід 6. Взаємодія гліцеролу з купрум (II) гідроксидом.

У пробірку наливають купрум (II) сульфат об'ємом 0,5 мл та розчин натрій гідроксиду об'ємом 1-2 мл. До осаду, що утворився додають гліцерол об'ємом 1-2 мл. Суміш збовтують. Осад розчиняється. Розчин набуває при цьому яскраво-синього забарвлення.

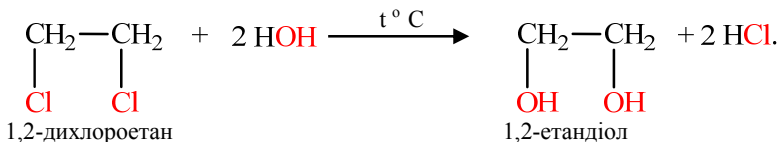
Зробіть висновок:

1. Розчинність гліцеролу у воді.
2. Яка речовина випала в осад і який його колір?
3. Який став розчин після розчинення осаду?
4. Чому осад зник?

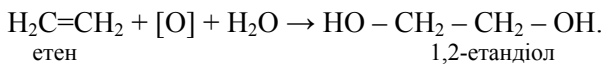
Відповіді підтвердьте рівняннями реакцій.

4.3.3. Способи добування

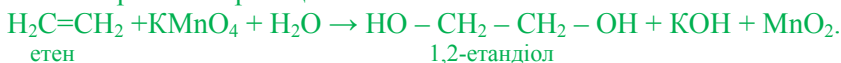
❖ Гідроліз дигалогенопохідних алканів



❖ Реакцією окиснення алкенів калій перманганатом у нейтральному або лужному середовищі (реакція Вагнера):



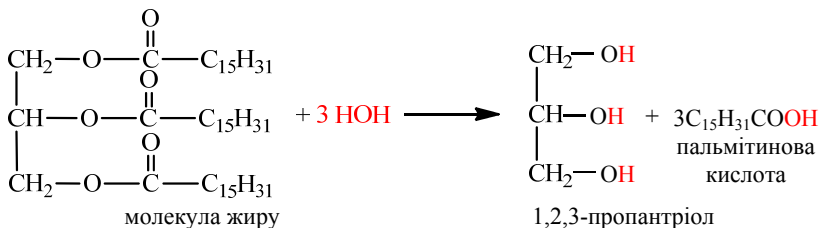
Повне рівняння реакції:



➤ Закінчіть рівняння хімічної реакції, розставивши необхідні коефіцієнти.

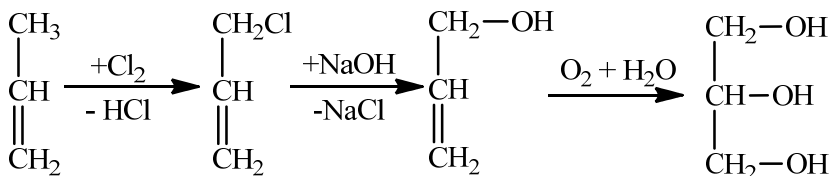
У ході цієї реакції відбувається знебарвлення фіолетового забарвлення водного розчину калію перманганату KMnO_4 . Ось чому вона використовується як якісна реакція на алкени.

❖ Гліцерол найчастіше добувають гідролізом жирів:



- ❖ *Гліцерол для технічних потреб* добувають із пропену, який, у свою чергу, отримують синтетично (з газів крекінгу).

Процес складається з кількох стадій, проходить при високих температурах і у присутності каталізатора ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}$):



- ❖ *Гліцерол також утворюється при виробництві біодизельного пального.*

4.3.4. Застосування багатоатомних спиртів

Застосування етиленгліколю:

- ✚ Водні, інколи спиртові розчини етиленгліколю, слугують як *антифриз*. Речовини використовують у системах охолодження автомобільних двигунів за умов низьких температур.

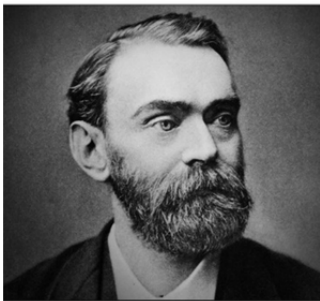
➤ У техніці використовують антифризи, які містять 52,6 та 66,0% етиленгліколю; вони замерзають при температурі 40°C та 65°C відповідно.

- ✚ Для виробництва *динітрату етиленгліколю* – надзвичайно вибухової речовини;
- ✚ Для одержання синтетичного волокна – *лавсану*.

Застосування гліцеролу:

- ✚ У виробництві синтетичних смол і вибухових речовин (тринітрогліцеролу)
- ✚ У текстильній промисловості (для надання тканинам м'якості, еластичності);

- ✚ У шкіряному виробництві (для запобігання висихання шкіри);
- ✚ У косметиці як основу для виготовлення мазей. Одновідсотковий спиртовий розчин тринітрогліцеролу використовують при серцевих нападах.



**Нобель Альфред Бернхард
(1833-1896)**

шведський інженер-хімік

Винайшов динаміт (1866), розробив склад бездимного пороху. Заповів майже 33 млн шведських крон за праці в галузі фізики, хімії, фізіології, медицини, літератури, а також за діяльність у збереженні миру

Чи відомо вам, що...

... Вперше тринітрат гліцеролу синтезував італійський хімік А. Сомбреро у 1846 р. Уже під час Кримської війни нітрогліцерин використовували як вибухову речовину. Проте здатність тринітрогліцерину вибухати при незначному ударі або терті перешкоджала його широкому використанню. Необхідно було підібрати умови, які б дозволяли безпечно перевозити вибухівку і щоб при цьому вона не втрачала своїх властивостей.

Вирішив цю проблему Альфред Нобель, шведський вчений, чиє ім'я носить найпоширеніша наукова премія світу. У 1864 р. він запатентував спосіб добування нітрогліцерину, а у 1866 р. винайшов динаміт. Він помітив, як випадково пролитий тринітрогліцерин поглинув кізельгур – ґрунт, піднятий з дна моря, – при цьому кізельгур залишався сухим і його можна було формувати у брикети. У цій суміші нітрогліцерин зберігав свої вибухові властивості. Її Нобель назвав «динаміт» (від гр. *dynamis* – сила). Динаміт, крім військової справи, використовують у будівництві, при прокладанні тунелів, гірничій справі.

4.3.5. Фізіологічна дія спиртів

Метанол – сильна отрута. Випадкове вживання його людиною (до 40 мл) руйнує зоровий нерв і викликає сліпоту. Вживання у більшій кількості – спричиняє смерть.

Етанол, який використовують у харчовій промисловості для виробництва алкогольних напоїв – **наркотик**. Молекули алкоголю легко змішуються з водою, добре розчиняються у жирах, швидко потрапляють у кров і сильно діють на організми.

Якщо у кров потрапляє 0,15% алкоголю (від об'єму крові) настає втрата контролю над м'язами, при наявності 0,3% – втрата свідомості, а при 4-5% – параліч дихання і смерть.

Вживання алкоголю призводить до порушення усіх систем організму: порушується вітамінний обмін, гормональна діяльність різних органів, пригнічується функція головного мозку, страждає серцево-судинна система, органи травлення, розвиваються психози.

Особливо потерпає печінка – орган, який у здоровому організмі знешкоджує продукти розпаду. Від постійного перенавантаження (у цьому органі відбувається руйнування спирту) починає перероджуватись. Розвивається хвороба, яку називають цероз печінки – людина худне, у черевній порожнині набирається рідина і хворі помирають.

Людина, яка п'є, швидко звикає до алкоголю і настає хвороба, яка носить назву *алкоголізм*.

В алкоголіків із залежністю відбуваються часткові зміни у хромосомному наборі. Діти у таких батьків можуть народжуватись із значними вадами у фізичному і розумовому розвитку.

Особливо небезпечними є алкоголь для підліткового і юнацького віку, бо організм, який росте, особливо чутливий до токсичної дії. Молоді люди швидше, ніж дорослі можуть захворіти алкоголізмом.

Етиленгліколь надзвичайно токсичний. Попадання етиленгліколю або його розчинів в організм може призвести до незворотних змін. За ступенем дії на організм відноситься до речовин 3 класу небезпеки. Одним з кінцевих продуктів розпаду етиленгліколю є щавлева кислота, яка викликає враження ниркової тканини.

Смертельна доза при одноразовому вживанні 100-300 мл.

Завдання для самоконтролю

1. Дати визначення багатоатомним спиртам.
2. Як довести, що гліцерол належить до класу багатоатомних спиртів?
3. Чому спирти не проводять електричного струму і не змінюють забарвлення індикаторів?
4. Як впливає на реакційну здатність спиртів число гідроксильних груп у молекулі?
5. Вкажіть подібність і різницю в будові молекул етанолу і етиленгліколю. Якою характерною реакцією можна відрізнити багатоатомні спирти від одноатомних?
6. Напишіть структурні формули таких сполук:
 - а) 1,2,3-бутантріол;
 - б) 2-етил-2,4-диметил-1,3,5-гексантріол;
 - в) 2,3-диметил-2,3-бутандіол.
7. Напишіть рівняння реакцій добування:
 - а) етиленгліколю із дихлоретану;
 - б) гліцеролу із трибромпропану;
 - в) етиленгліколю з етену.
8. Назвіть галузі застосування гліцеролу.
9. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:
 - а) етан \rightarrow хлоретан \rightarrow 1,2-дихлоретан \rightarrow етен \rightarrow 1,2-етандіол;
 - б) 1,2-етандіол \rightarrow 1,2-дихлоретан \rightarrow етин \rightarrow етан \rightarrow хлоретан \rightarrow етанол \rightarrow етен \rightarrow 1,2-етандіол.
10. При дії металічного натрію на суміш, яка містить 12,4 г етиленгліколю і невідому масу гліцеролу, виділилось 11,2 л водню (н. у.). Обчисліть склад суміші.

Тестові завдання

1. Визначте найрухливіший атом Гідрогену у молекулах спиртів:
 - а) біля першого атома Карбону в карбоновому ланцюгу;
 - б) гідроксогрупи;
 - в) біля другого атома Карбону в карбоновому ланцюзі;
 - г) біля останнього атома Карбону в карбоновому ланцюзі.
2. Виберіть речовину, яка реагує з купрум (II) гідроксидом за кімнатної температури:
 - а) етанол;
 - б) циклогексан;
 - в) гліцерол;
 - г) метан.

3. Встановіть відповідність між тривіальною назвою спиртів і їх формулою:

Тривіальна назва

Формула

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Еритрит; | а) $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$; |
| 2. Етиленгліколь; | б) $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{OH}$; |
| 3. Деревний спирт; | в) $\text{HO} - \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_2(\text{OH})_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$; |
| 4. Гліцерол; | г) $\text{CH}_3 - \text{OH}$. |
4. Виберіть твердження щодо багатоатомного спирту, 6,4 г якого взаємодіють з 4,6 г металічного натрію:
- при дії гідрогенхлоридної кислоти заміщуються гідроксогрупи $-\text{OH}$;
 - у промисловості одержують з синтез-газу;
 - молярна маса дорівнює 46 г/моль;
 - при спалюванні 1,8 г утворюється 2,24 г (н. у.) CO_2 .

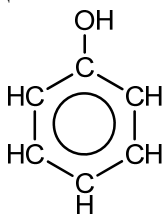
4.4. ФЕНОЛ

4.4.1. Класифікація і номенклатура фенолів

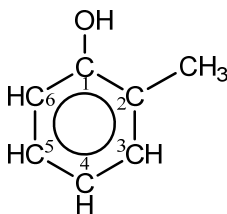
Феноли – похідні ароматичних вуглеводнів, у молекулах яких один або декілька атомів Гідрогену, які безпосередньо сполучені з ароматичним ядром, заміщені на гідроксильні групи.

Залежно від числа OH -груп розрізняють одноатомні, двоатомні і багатоатомні феноли.

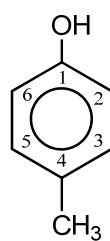
У молекулах *одноатомних фенолів* міститься одна OH -група, наприклад:



$\text{C}_6\text{H}_5\text{-OH}$
фенол

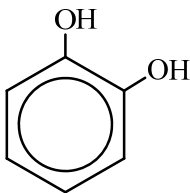


$\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3\text{-OH}$
2-метилфенол

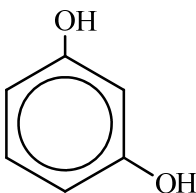


4-метилфенол

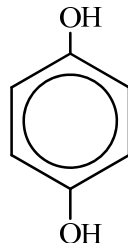
У молекулах *двоатомних фенолів* міститься дві гідроксильні групи:



1,2-дигідроксибензен
(пірокатехін)



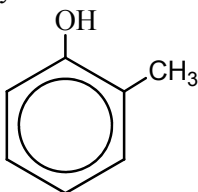
1,3-дигідроксибензен
(резорцин)



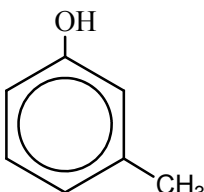
1,4-дигідроксибензен
(гідрохінон)

Молекули *триатомних фенолів* містять три гідроксогрупи $-OH$.

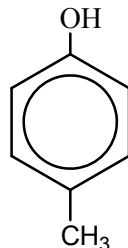
Отже, при побудові назв фенолів за ІЮПАК-номенклатурою атоми Карбону в ароматичному ядрі позначають цифрами 1, 2, 3...6, починаючи від атома Карбону, який утримує OH -групу. Якщо у молекулі є дві OH -групи, то друга має бути зв'язана з атомом Карбону, який утримує якомога менший номер. Крім того, префікси орто-, мета- і пара- вказують положення замісника по відношенню до OH -групи:



2-метилфенол
(орто-крезол)

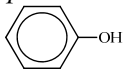


3-метилфенол
(мета-крезол)



4-метилфенол
(пара-крезол)

Найпоширенішим представником фенолів є *гідроксибензен* або *фенол*. Молекулярна формула фенолу – C_6H_5OH , структурна –



4.4.2. Фізичні властивості фенолу

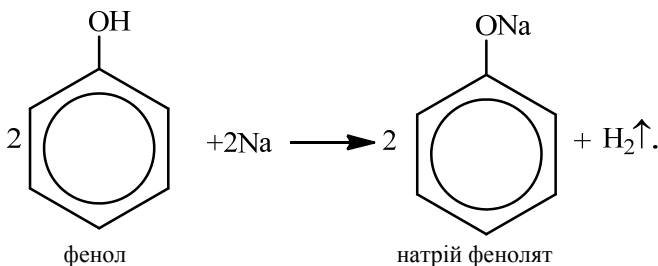
Фенол (карболова кислота) – безбарвна, кристалічна речовина з різким характерним запахом (запах «карболки»). При тривалому зберіганні окиснюється киснем повітря і набуває рожевого (інколи фіалкового) забарвлення. Температура плавлення фенолу $40,8^\circ C$,

температура кипіння $+181,8^{\circ}\text{C}$. Фенол погано розчинний у воді. У 100 г води за звичайних умов розчиняється 6 г фенолу. Його водний розчин є сильним антисептиком (використовують для дезінфекцій). Проте, при попаданні на шкіру людини викликає опіки і виразки. Крім того, він легко всмоктується крізь шкіру і може викликати отруєння організму.

4.4.3. Хімічні властивості

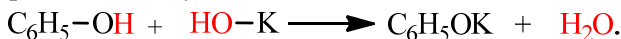
- **Взаємодія з лужними металами**

Як вам відомо, у молекулі фенолу міститься група $-\text{OH}$. Отже, від цієї речовини слід чекати властивостей, подібних до одноатомних спиртів. Якщо у фенол, нагрітий до температури плавлення, помістити металічний натрій, то виділяється газуватий водень:



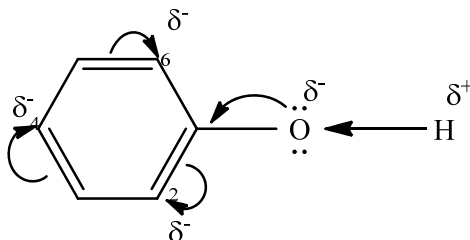
- **Взаємодія з водним розчином лугів**

На відміну від одноатомних спиртів фенол реагує з розчинами лугів. При цьому твердий фенол перетворюється у фенолят, який інтенсивно розчиняється у воді:



Фенол при цьому проявляє кислотні властивості. Ось чому фенол ще називають карболовою кислотою.

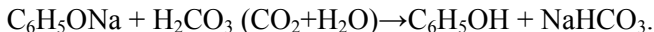
Причину посилення кислотних властивостей фенолу потрібно шукати у будові її молекули. У фенолі гідроксильна група $-\text{OH}$ безпосередньо зв'язана з бензеновим кільцем. Вільна електронна пара Оксигену вступає у взаємодію з π -електронною системою бензенового кільця.



При цьому частина електронної густини зміщується від Оксигену до Карбону, а Оксиген міцніше притягує до себе електронну пару $O \leftarrow H$ -зв'язку.

Очевидно, що атом Гідрогену, при різкіше виявленому ковалентному полярному зв'язку, стає більш рухливим, ніж у насичених одноатомних спиртах. При цьому зростає можливість відщеплення водневого атома у вигляді йона H^+ . Це є причиною *кислотних властивостей фенолу*.

Проте, фенол – слабка кислота. Навіть карбонатна кислота H_2CO_3 сильніша. Вона може витіснити фенол з натрій феноляту:



Висновок I. У молекулі фенолу бензенове кільце (радикал феніл C_6H_5-) впливає на властивості OH -групи, посилюючи її *кислотність*.

Разом з тим, під дією гідроксогрупи $-OH$ відбувається перерозподіл електронної густини бензенового ядра, внаслідок чого атоми Гідрогену у положенні 2, 4, 6 стають рухливішими, а, отже, легше заміщуються.

• *Взаємодія з бромною водою*

Згадайте, що бензен не знебарвлює бромну воду. Якщо ж прилити бромної води до фенолу, то при цьому утворюється білий осад трибромфенолу:



- *Нітрування фенолу*

фенол

- *Взаємодія з розчином ферум (III) гідроксиду*

Хімічне рівняння цієї реакції наводимо у спрощеному вигляді:



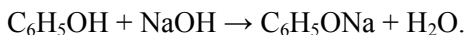
ферум (III) фенолят
(від синього до

фіалкового забарвлення)

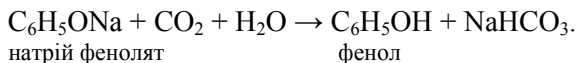
4.4.4. Способи добування

Сьогодні промислове виробництво фенолу відбувається трьома основними методами:

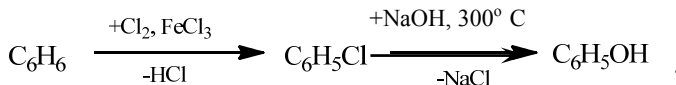
❖ **Окиснення кам'яновугільної смоли.** Кам'яновугільну смолу обробляють лугом. Фенол, реагуючи з лугом, переходить у розчин у вигляді розчинного феноляту, який легко відділяється від нерозчинної у воді кам'яновугільної смоли:



Одержаний розчин феноляту обробляють CO_2 або мінеральною кислотою (як правило HCl), які розкладають фенолят з утворенням фенолу:

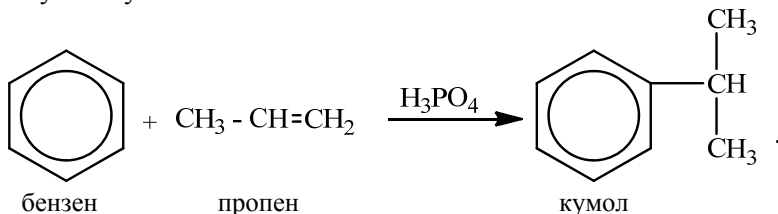


❖ **Гідроліз галогенопохідних бензену.** Один із синтетичних способів одержання фенолу здійснюється за такою схемою:

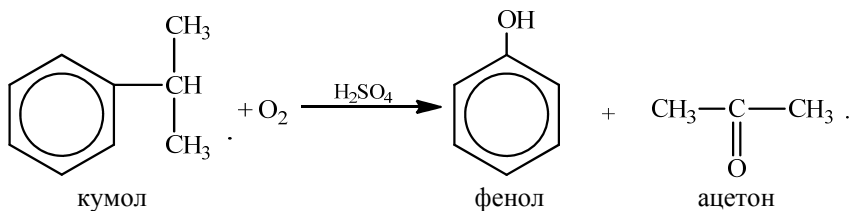


Проте, цей спосіб одержання фенолу відносно дорогавартісний.

❖ **Кумольний метод.** З вихідних речовин бензену і пропену отримують кумол:



Отриманий кумол при каталізі сульфатною кислотою, розкладають з утворенням фенолу і ацетону:



Світове виробництво фенолу цим методом сягає 95%.

4.4.5. Застосування фенолу

Сам фенол майже не застосовують. На його основі добувають багато інших сполук – похідних фенолу, які використовують для:

- ✚ виробництва феноло-формальдегідних пластмас. Пластмаси на основі феноло-формальдегідних смол мають високу міцність, хімічну стійкість та електроізоляційні властивості. З них виготовляють деталі для радіотехнічної апаратури і для приладів, які працюють при високій температурі і в агресивному середовищі.
- ✚ На виробництво феноло-формальдегідних пластмас використовується 30% світового виробництва фенолу;
- ✚ вихідна сировина для виробництва барвників, лікарських препаратів, вибухових речовин;
- ✚ як антисептик, його 5% розчин використовують для знезаражування приміщень, хірургічних інструментів, меблів, інвентаря, стічних ям, колодязів тощо;
- ✚ 12% фенолу перетворюють у циклогексанол, який є вихідною речовиною для добування синтетичних волокон нейлону і капрона;
- ✚ протравлення деревини з метою запобігання гниттю.

4.4.6. Фізіологічна дія на організм

Пил, пара і розчин фенолу подразнюють слизові оболонки очей, дихальних шляхів, шкіру, викликаючи опіки. Попадаючи на шкіру фенол дуже швидко проникає у капіляри і вже через кілька хвилин починає діяти на тканини головного мозку.

Навіть при дії мінімальних доз фенолу спостерігається кашель, головна біль, блідість шкірних покривів, недомагання. Важка форма отруєння супроводжується утрудненим диханням, судомами, втратою свідомості.

Смертельна доза для людини при попаданні в організм 1-10 г.

4.4.7. Охорона довкілля

Потрібно знати, що фенол вбиває не тільки мікроорганізми. Потрапляючи у навколишнє середовище, він згубно діє на флору і фауну. Його виробництво тісно пов'язане з питаннями екології, з охороною природи від промислових відходів, що містять фенол. З цією метою використовують різні методи: гази, що містять фенол піддають каталітичному окисненню, видаляють фенол розчинниками, тощо.

Великого значення набуває глибоке очищення стічних вод від фенолу озоном і біологічними методами. Використання цих і інших методів дає можливість переходу до замкнених безвідходних технологій з багаторазовим використанням промислових вод.

Завдання для самоконтролю

1. Виходячи з електронної будови поясніть, чому фенол проявляє слабкі кислотні властивості?
2. Чому фенол взаємодіє з бромом, а бензен – ні?
3. Напишіть рівняння реакцій добування:
 - а) 2,4,6-тринітрофенол;
 - б) 2,4,6-трихлоретан.
4. Чому водний розчин натрій феноляту стає каламутним, коли крізь нього пропускати карбон (IV) оксид CO_2 ? Напишіть рівняння цієї реакції.
5. За допомогою яких дослідів можна розпізнати фенол? Напишіть рівняння відповідних реакцій?
6. Напишіть структурні формули таких сполук:
 - а) 2-етилфенол;
 - б) 5-метил-3-бромфенол;
 - в) 3,4,5-триетилфенол.
7. Напишіть структурні формули ізомерів:
 - а) гліколів, що містять склад $\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{OH})_2$;
 - б) фенолів для складу речовини $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{OH}$.

8. Напишіть рівняння реакцій, з допомогою яких можна здійснити такі перетворення:
 а) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$;
 б) 1-пропанол \rightarrow 1-бромпропан \rightarrow н-гексан \rightarrow бензен $\rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$.
9. У трьох пробірках містяться 1-бутанол, етандіол і розчин фенолу у бензені. За допомогою яких характерних реакцій можна розпізнати ці речовини? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
10. На розчин, що містить 0,5 моль фенолу подіяли бромною водою. Які речовини, і скільки грамів кожної утворилось?
11. Із технічного хлорбензену масою 187,5 г, масова частка домішок у якому 20%, добули 115 г фенолу. Обчисліть вихід фенолу від теоретичного.
12. Яка маса натрій феноляту може бути отримана при взаємодії фенолу масою 9,4 г з розчином натрій гідроксиду об'ємом 9,94 мл і густиною 1,38 г/мл? Масова частка натрій гідроксиду у розчині становить 35%.

Тестові завдання



1. Виберіть формулу сполуки, з якою реагує фенол:
 - а) CH_4 ;
 - б) HCl ;
 - в) NaOH ;
 - г) $\text{Cu}(\text{OH})_2$.
2. Виберіть речовини, при взаємодії яких з фенолом утворюється натрій фенолят:
 - а) натрій оксид;
 - б) натрій гідроксид;
 - в) натрій;
 - г) натрій сульфат.
3. Встановіть відповідність між реагентом та речовиною.

Реагент	Речовина:
1) $\text{Cu}(\text{OH})_2$;	а) фенол;
2) Br_2 (вода);	б) гліцерол;
3) CuO ;	в) бензин;
	г) етанол.

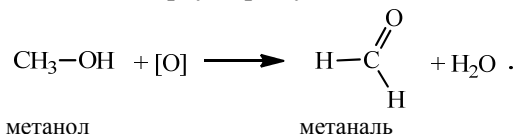
4.5. АЛЬДЕГІДИ

4.5.1. Альдегіди і кетони

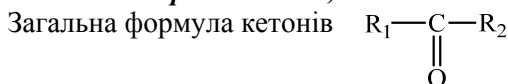
Альдегідами називаються органічні сполуки, у молекулах яких міститься функціональна альдегідна група, сполучена з вуглеводневим радикалом або з атомом Гідрогену.

Альдегідна група  містить групу .

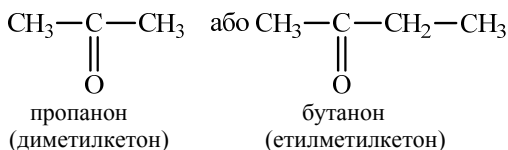
Її називають *карбонільною* групою або *карбонілом*. «Альдегід» означає дегідрований спирт (спирт без Гідрогену). Так, наприклад, окисненням метилового спирту отримують метаналь:




Органічні сполуки, у яких карбонільна група сполучена з двома вуглеводневими радикалами, називають кетонами.



Радикали у кетонів можуть бути однаковими або різними, наприклад:



До складу карбонільної групи  входить атом Карбону, який сполучений з трьома іншими атомами. Він утворює з ними σ -зв'язки. Подібно до молекули етену (етилену) цей атом Карбону перебуває стані sp^2 -гібридизації. Такі зв'язки перебувають в одній площині й кути між ними становлять 120° . Наявність в Оксигену, який безпосередньо сполучений з атомом Карбону, двох неспарених

електронів на p -орбіталях надає можливість утворювати не тільки σ - але і π -зв'язки з атомом Карбону.

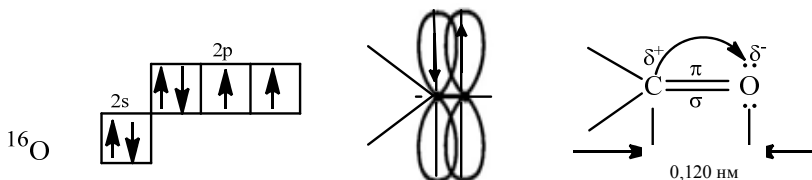


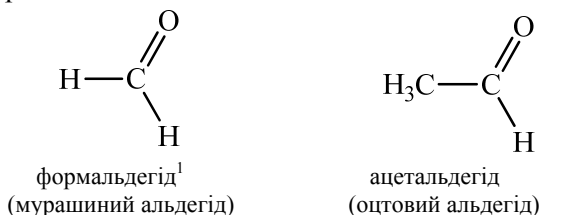
Рис. 35. Схема π -зв'язку у карбонільній групі

Різниця електронегативностей атомів Карбону і Оксигену обумовлює спільну поляризацію обох зв'язків і появу на атомі Карбону часткового позитивного (δ^+), а на атомі Оксигену – частково негативного (δ^-) зарядів.

Отже, група $>\text{C}=\text{O}$ дуже поляризована. Це зумовлює велику реакційну здатність органічних сполук, які містять карбонільну групу.

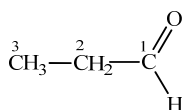
4.5.2. Номенклатура і ізомерія альдегідів

Окремі представники альдегідів мають історичні (тривіальні) назви, наприклад:

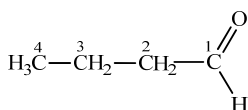


В основі назви за систематичною (ІЮПАК-номенклатурою) покладено назву відповідного вуглеводню нормальної будови, включно з атомом Карбону, що входить до карбонільної групи. При цьому додають суфікс *-аль*. Нумерацію головного ланцюга починають з атома Карбону карбонільної групи:

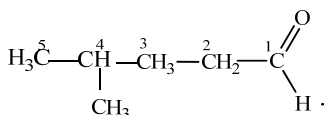
¹ Мурашиний альдегід дістав назву від мурашиної кислоти, яку уперше віднайшли у тілі мурашок (латинська назва мурашки – formica).



пропаналь
(пропіоновий альдегід)

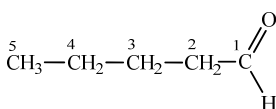


бутаналь
(масляний альдегід)

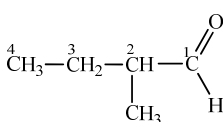


4-метилпентаналь
(ізовалеріановий альдегід)

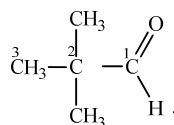
Ізомерія альдегідів пов'язана з будовою карбон-карбонового ланцюга (*структурна ізомерія*). Наприклад, молекулярній формулі $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ відповідають:



пентаналь

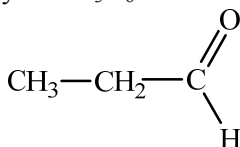


2-метилбутаналь



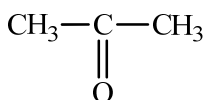
2,2-диметилпропаналь

Представниками *міжкласової ізомерії* для сполук з молекулярною формулою $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ є:



пропаналь
(клас альдегіди)

і



диметилкетон (ацетон)
(клас кетони)

4.5.3. Фізичні властивості

Тільки перший представник гомологічного ряду альдегідів – метаналь – газ. Він має різкий запах. 35-40% розчин у воді називають *формаліном*. Інші представники ряду – рідини, вищі альдегіди – тверді речовини. Метаналь і етаналь добре розчиняються у воді.

Розчинність у воді перших представників ряду пояснюється утворенням водневих зв'язків між ними і молекулами води через атоми Гідрогену, що входить у карбонільну групу.

Із збільшенням відносної молекулярної маси альдегідів їх розчинність зменшується. Вищі альдегіди у воді нерозчинні.

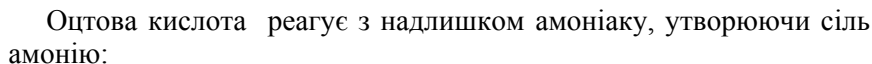
На відміну від спиртів між молекулами альдегідів не утворюються міжмолекулярні водневі зв'язки, бо позитивний заряд на ато-

Ось чому температури кипіння альдегідів нижчі, ніж у спиртів з такою самою кількістю атомів Карбону у молекулі.

Завдяки наявності полярної карбонільної групи альдегіди володіють високою реакційною здатністю. Атом Оксигену впливає на атом Гідрогену, з'єднаний з карбонільною групою, внаслідок чого він легко **окиснюється**. З іншого боку для карбонільної групи $>C=O$ характерні реакції **приєднання, заміщення, полімеризації та поліконденсації**.

➤ Напишіть рівняння реакції повного окислення (горіння) оцтового альдегіду CH_3CHO , розставте при цьому коефіцієнти.

Якщо у чисту пробірку налити амоніачного розчину аргентум (I) оксиду Ag_2O , додати до нього ацетальдегід і суміш обережно нагріти, то на стінках пробірки з'явиться блискучий наліт срібла. Альдегід при цій окиснювально-відновній реакції перетворюється на кислоту:

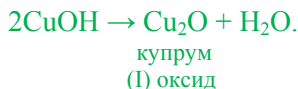


При цьому срібло, осідаючи на стінках пробірки, створює ефект дзеркала. Ось чому цю реакцію називають реакцією «срібного дзеркала».

Окисником може бути купрум (II) гідроксид:

метаналь

метанова (мурашина кислота)



Купрум (I) оксид має червоний колір.

Обидві реакції являються якісними для визначення альдегідів.



Лабораторні досліді № 7, 8.

Дослід 1. Окиснення альдегіду аргентум (I) оксидом

Для одержання Ag_2O налейте у чисту пробірку 1-2 мл 2% розчину аргентум нітрату AgNO_3 і додайте до нього краплями 5% водний розчин амоніаку до розчинення осаду, що утворюється на початку змішування.

Дослід 2. Окиснення альдегіду купрум (II) гідроксидом

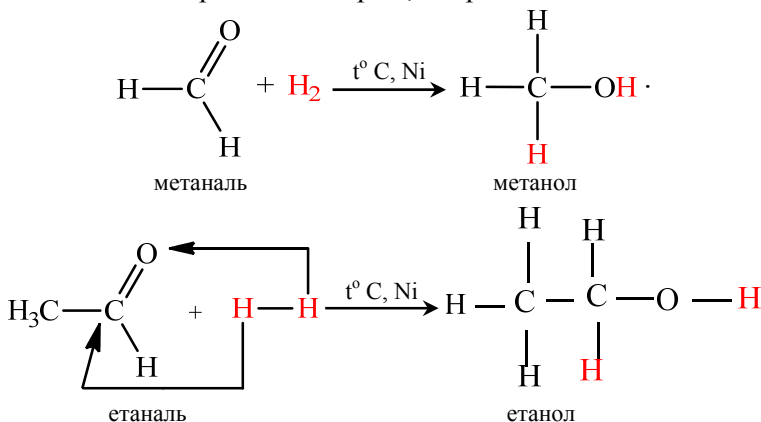
Для добування купрум (II) гідроксиду у чисту пробірку налейте 2-3 мл розчину натрій гідроксиду NaOH і додайте до нього декілька крапель розчину купрум (II) сульфату.

Після легкого перемішування до вмісту пробірки додайте 1-2 мл формаліну і обережно нагрівайте пробірку. Ведіть спостереження за поступовою зміною забарвлення осаду.

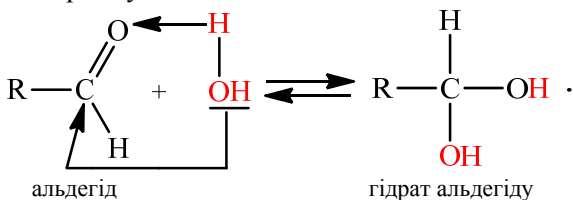
Зробіть відповідні записи у зошитах для лабораторних робіт. Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.

• Реакції приєднання

зумовлені наявністю у карбонільній групі π -зв'язку, який порівняно легко розривається. У місці його розриву приєднуються атоми Гідрогену. Альдегіди при цьому відновлюються до первинних спиртів, наприклад:



Альдегіди вступають у реакції приєднання води. При цьому Гідроген приєднується до карбонільного Оксигену, а гідроксильна група OH – до Карбону:

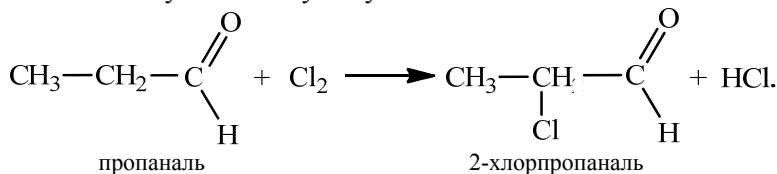


Гідрати – нестійкі сполуки, оскільки у їх молекулі при одному атомі Карбону знаходиться дві OH-групи. Гідрати існують тільки у розчинах і тільки для низькомолекулярних альдегідів. Сполуки швидко втрачають молекулу води. Це призводить до утворення того ж альдегіду.

• Реакції заміщення

проходять у напрямку заміщення атома Гідрогену, що перебуває у α -положенні до карбонільної групи, на інші атоми чи атомні групи.

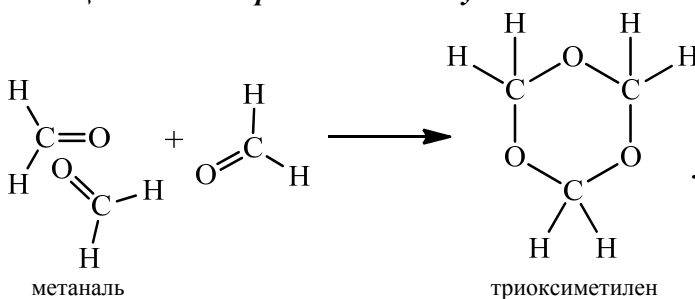
Такими сполуками можуть бути галогени:



• Реакції полімеризації

Розрізняють два види полімеризації альдегідів – *лінійну і полімеризацію з утворенням циклічних продуктів*.

Розглянемо другу з них. Наприклад, при нагріванні формальдегіду з розведеними кислотами відбувається **полімеризація з утворенням циклічного триоксиметилену**:

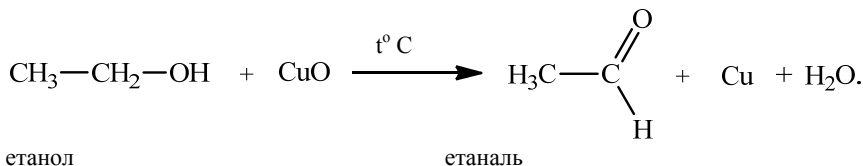


З реакціями поліконденсації детальніше ознайомимось у § 4.12 та 5.3.

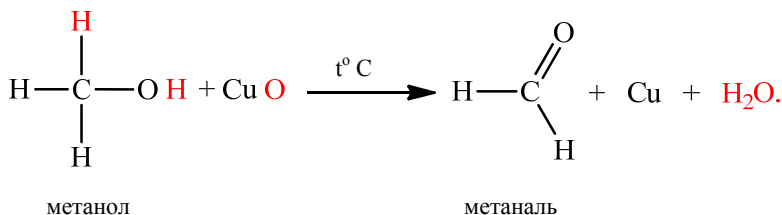
4.5.5. Способи добування

Загальними способами добування альдегідів є **окиснення первинних спиртів та дегідрування їх у присутності кисню і Паладію**:

❖ Окиснення первинних спиртів

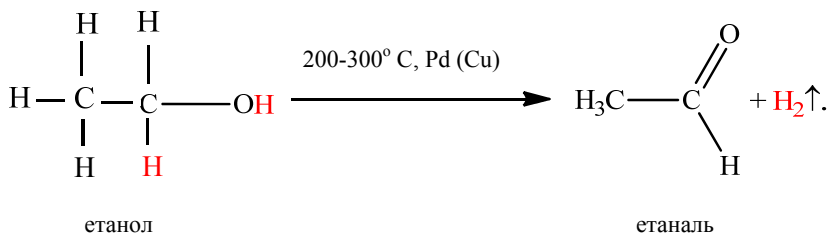


Розжарену у полум'ї спиртівки мідну спіраль, до появи темного нальоту купрум (II) оксиду, опускаємо у пробірку зі спиртом. Спіраль у спирті знову стає блискучою. При цьому можна відчувати запах альдегіду:

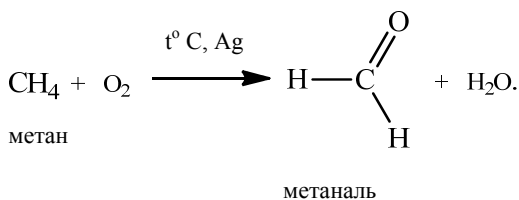


Це один із способів промислового добування формальдегіду. У реактор під тиском пропускають суміш метанолу і повітря, яка стискається з розжареного мідною або срібною сіткою.

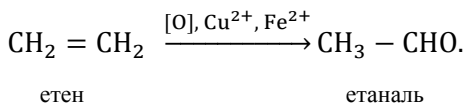
❖ Інший спосіб добування альдегідів – *каталітичне дегідрування (дегідрогенізація) спиртів*:



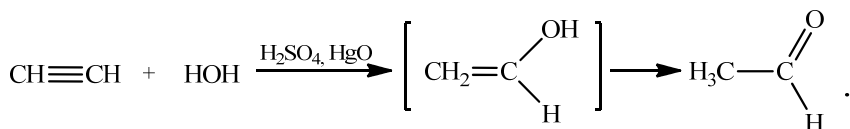
❖ Економічно вигідно добувати етаналь безпосереднім **окисненням метану киснем повітря** при температурі 400-600° С і наявності невеликої кількості оксидів гідрогену як каталізатора:



❖ **Окисненням етену (етилену) добувають етаналь:**



❖ Крім того, етаналь у промисловості добувають за допомогою реакції **гідратації етину (ацетилену)**. Вам відомо, що цю реакцію відкрив російський учений М. Г. Кучеров (1881). Проміжним продуктом цієї реакції є вініловий спирт $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{OH}$. Ця сполука нестійка і легко перетворюється у альдегід:



Реакція проходить у присутності сульфатної кислоти H_2SO_4 і меркурій (II) оксиду HgO . **Головний недолік цього способу добування альдегіду – це використання отруйної сполуки (Hg^{2+}) як каталізатора.**

4.5.6. Метаналь і етаналь – представники альдегідів

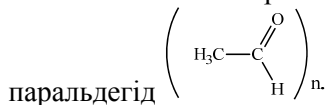
Метаналь – безбарвний газ з різким задушливим запахом, добре розчинний у воді. Водний 40% розчин метаналю називається *формаліном*. **Метаналь дуже отруйна речовина, викликає згорання білків, при тривалому зберіганні полімеризується.**

Застосування метаналю:

- ✚ Для виробництва феноло-формальдегідної смоли. Смолу у поєднанні з різними наповнювачами використовують для виробництва різних пластмас (*фенопластів*);
- ✚ фармацевтичних препаратів (*уротропіну*);
- ✚ вибухових речовин (*гексогену*);
- ✚ протруювання насіння, дублення шкір, зберігання вологих препаратів, дезинфекції.

Етаналь – безбарвна рідина з характерним запахом (прілих яблук), добре розчинна у воді і органічних розчинниках, температура

кипіння 21° С. При тривалому зберіганні полімеризується у



Застосування етанолу:

- ✚ Для добування оцтової кислоти (р. окиснення альдегіду);
- ✚ етанолу (р. відновлення альдегіду);
- ✚ синтетичного каучука, полівінілацетату;
- ✚ похідне ацетальдегіду – паральдегід використовують у медицині як снодійний і заспокійливий засіб.

Вищі альдегіди (C₇-C₁₆), завдяки приємному запаху, застосовують у парфюмерії.

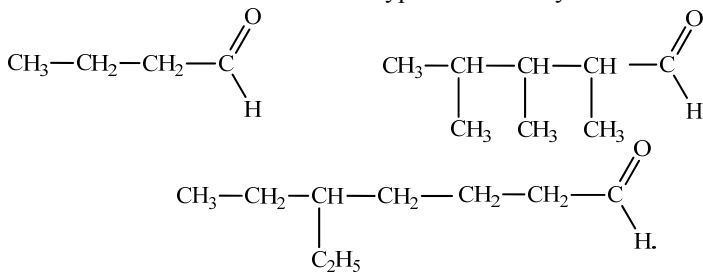
4.5.7. Біологічна дія

- ✓ **Токсичні. Здатні накопичуватись в організмі;**
- ✓ **крім загальнотоксичної, мають дратівливу і нейротоксичну дію;**
- ✓ **деякі володіють канцерогенними властивостями.**
- ✓ З іншого боку альдегіди входять до складу харчових продуктів і есенцій (наприклад ананасова).

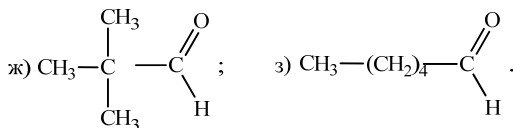
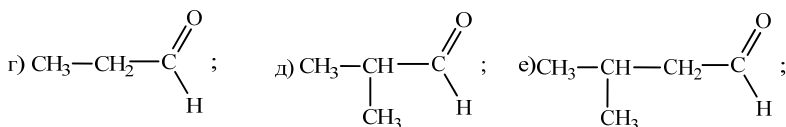
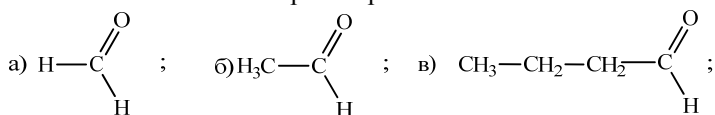
Ви повинні знати, що будь-яка речовина, навіть найнеобхідніша, може викликати токсичні ефекти.

Завдання для самоконтролю

1. Яка будова функціональної групи альдегідів? Чим вона відрізняється від функціональної групи спиртів?
2. Поясніть механізм утворення подвійного зв'язку у карбонільній групі.
3. Назвіть за ІЮПАК-номенклатурою такі сполуки:

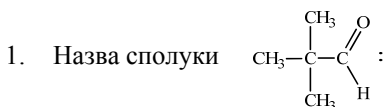


4. Напишіть структурні формули таких альдегідів:
 - а) 2,3-диметилбутаналь;
 - б) 2-етил-4-метилпентаналь;
 - в) 2,2-дихлорпропаналь.
5. Наведіть приклади реакцій приєднання, характерних для альдегідів.
6. Якими дослідями можна довести, що розчин містить альдегід? Напишіть рівняння цих хімічних реакцій.
7. Скільки гомологів і ізомерів зображено? Назвіть їх:



8. Напишіть рівняння реакцій, з допомогою яких можна здійснити такі перетворення:
9. а) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$;
10. б) етаналь \rightarrow етанол \rightarrow етен \rightarrow ацетилен \rightarrow етаналь.
10. Складіть рівняння реакцій повного і часткового окиснення пропаналу.
11. Потрібно приготувати розчин формаліну масою 600 г і концентрацією 40%. Який об'єм метанолу і води (у сумі) потрібно використати?
12. До водного розчину масою 4 г з масовою часткою певного альдегіду 22% долили надлишок амоніачного розчину аргентум (I) оксиду. При цьому утворився осад масою 4,32 г. Визначте формулу альдегіду, що приймав участь у реакції.
13. Який об'єм розчину формальдегіду з масовою часткою розчиненої речовини 40% ($\rho = 1,1 \text{ г/см}^3$) можна отримати при окисненні метанолу ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$) об'ємом 200 мл з масовою часткою речовини 60%?
14. На суміш мурашиного і оцтового альдегідів масою 37 г подіяли аргентум (I) оксидом. При цьому виділилося срібло масою 216 г. Обчисліть масові частки речовин у суміші.

Тестові завдання



- а) 2-метил-2-етилпентаналь;
б) 2,2-диметилбутаналь;
в) 2-етил-2-метилпропаналь.
г) 2,2-диметилпропаналь.
2. Продуктами наведених нижче реакцій є:
а) $\text{C}_2\text{H}_5\text{COH} + \text{H}_2 \rightarrow$; 1) етаналь;
б) $\text{C}_3\text{H}_7\text{COH} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow$; 2) пропанол;
в) $\text{HC}\equiv\text{CN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$. 3) масляна (бутанова) кислота.
3. За допомогою яких реактивів можна визначити альдегідну групу?
а) розчином лугу і бромною водою;
б) розчином ферум (III) хлориду;
в) амоніачним розчином аргентум (I) оксиду.
4. Виберіть клас сполук, для представників якого характерні реакції приєднання, відновлення та неповного окиснення:
а) етери;
б) насичені спирти;
в) альдегіди;
г) карбонові кислоти;

4.6. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

Карбонові кислоти – похідні насичених вуглеводів, в молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені функціональною карбоксильною групою



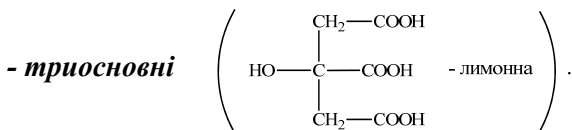
Назва карбоксильної групи походить від назв двох груп, що входять у її склад: карбонільної $>\text{C}=\text{O}$ і гідроксильної $-\text{OH}$.

4.6.1. Класифікація карбонових кислот

Карбонові кислоти класифікують за такими ознаками:

а) За числом карбоксильних груп у молекулі кислоти:

- **одноосновні** (HCOOH – мурашина, CH_3COOH – оцтова, $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ – пропіонова тощо);
- **двоосновні** (HOOC-COOH – щавлева, $\text{HOOC-CH}_2\text{COOH}$ – маленова, $\text{HOOC-(CH}_2)_2\text{COOH}$ – бурштинова);



б) Залежно від природи вуглеводневого радикала:

- **насичені** ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ – масляна);
- **ненасичені** ($\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ – акрилова);
- **ароматичні** ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ – бензенова).

в) Залежно від кількості атомів Карбону у вуглеводневому радикалі:

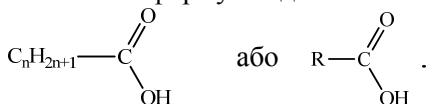
- **низькомолекулярні** ($\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$ – валеріанова);
- **високомолекулярні** ($\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ – пальмітинова).

Крім карбоксильних груп, у молекулах Карбонових кислот можуть бути і інші функціональні групи, які впливають на їх властивості. Так, при наявності у кислотах гідроксильної групи $-\text{OH}$, їх відносять до *гідрокси кислот*, аміногрупи $-\text{NH}_2$ – *амінокислот* тощо. Наприклад, молочна кислота є гідрокси кислота, а α -амінокапронова кислота $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_3\text{-CHNH}_2\text{-COOH}$ – амінокислота.

Одноосновні насичені карбонові кислоти

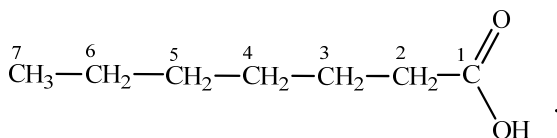
4.6.2. Номенклатура і ізомерія

Загальна формула одноосновних насичених карбонових кислот:



Для перших п'яти представників гомологічного ряду карбонових кислот як офіційні залишено тривіальні (історичні) назви: $\text{H}-\text{COOH}$ – *мурашина*, CH_3-COOH – *оцтова*, $\text{C}_2\text{H}_5-\text{COOH}$ – *пропіонова*, $\text{C}_3\text{H}_7-\text{COOH}$ – *масляна*, $\text{C}_4\text{H}_9-\text{COOH}$ – *валеріанова*. Починаючи з шостого представника гомологічного ряду, карбоновим кислотам дають тільки систематичні назви.

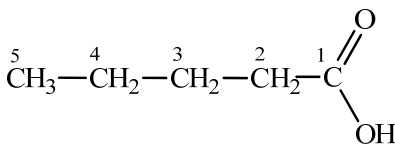
За основу беруть назву алкану, який має таке саме число атомів Карбону, що й головний ланцюг кислоти. У нумерацію включають також атом Карбону, що входить у карбоксильну групу. До назви додають суфікс **-ова** і слово кислота. Нумерацію атомів Карбону починають з атома Карбону, що входить до складу карбоксильної групи:



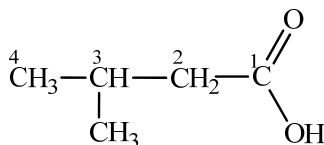
гептанова кислота

Для карбонових кислот існує два види ізомерії: *структурна* і *міжкласова*.

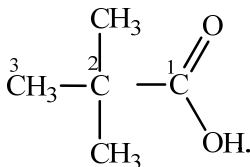
Структурна ізомерія пов'язана з тим, що є кислоти з вуглеводневим ланцюгом нормальної будови і кислоти з розгалуженим карбоновим ланцюгом, наприклад:



пентанова кислота

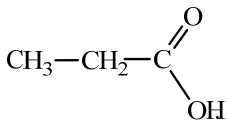


3-метилбутанова кислота

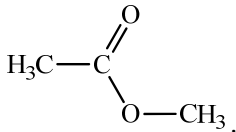


2,2-диметилпропонова кислота

Прикладом *міжкласової ізомерії* є:



пропанова кислота




метилетаноат (естер).

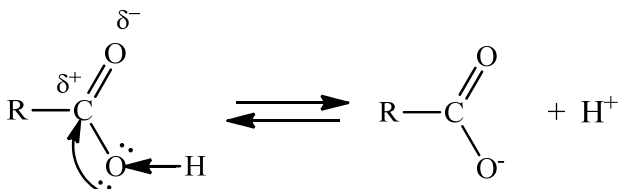
4.6.3. Гомологічний ряд одноосновних карбонових кислот

Таблиця 4.2

Ряд метану	Ряд кислот		Температура кипіння (°C)	Густина
CH_4 метан	$\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Мурашина (метанова)	+100,7	1,219
C_2H_6 етан	$\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Оцтова (етанова)	+118,1	1,052
C_3H_8 пропан	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Пропіонова (пропанова)	+141	1,018
C_4H_{10} бутан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Масляна (бутанова)	+163,3	0,978
C_5H_{12} пентан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Валеріанова (пентанова)	+186,4	0,956
C_6H_{14} гексан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Капронова (гексанова)	+205	0,945
C_7H_{16} гептан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Енантова (гептанова)	+223,5	0,918
.
$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ гексадекан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Пальмітинова (гексадеканова)	351,5	0,853
$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ октадекан	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	Стиаринова (октадеканова)	361,1	0,941

4.6.4. Електронна будова карбоксильної групи

Карбоксильна  група у своєму складі має дві функціональні групи: карбонільну $>\text{C}=\text{O}$ і гідроксильну $-\text{OH}$. Електронна густина π -зв'язків у карбоксильній групі зміщена до атома Оксигену, бо цей атом має більшу електронегативність, ніж Карбон. Внаслідок цього біля атома Карбону виникає нестача електронної густини, що дає можливість йому притягувати неподілені електронні пари атома Оксигену. Атом Гідрогену стає рухливим і набуває здатності відщеплюватися у вигляді протона H^+ :



Аніон у даній реакції прийнято називати карбоксилат-аніоном. В результаті спряження обидва атоми Оксигену стають однаковими. Електронна густина на них розподіляється рівномірно.

Полярність зв'язку $\text{O} - \text{H}$ пов'язана з наявністю позитивного заряду на атомі Карбону карбоксильної групи. Вуглеводневі радикали (CH_3- , C_2H_5- і ін.) зменшують позитивний заряд атома Карбону а, отже, і полярність $\text{O} - \text{H}$ зв'язку. Кислотні властивості при цьому послаблюються. Наявністю у радикалі галогенід-йонів, OH -груп збільшують позитивний заряд атома Карбону карбоксильної групи. Це призводить до посилення кислотних властивостей.

4.6.5. Властивості кислот

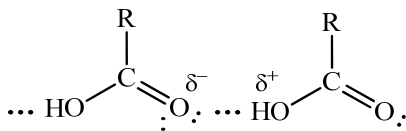
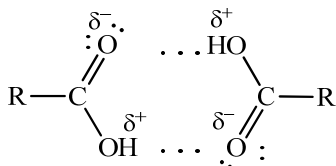
Фізичні властивості

Карбонові кислоти C_1 - C_{10} – рідини. Вони мають гострий запах, добре розчинні у воді, безбарвні. Починаючи з масляної кислоти $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ – це маслянисті рідини з запахом згірлого масла.

Вищі кислоти – тверді речовини без запаху, нерозчинні у воді.

Кислоти мають вищі температури кипіння, ніж спирти з такою самою кількістю атомів Карбону у молекулі. Основною причиною

вищих температур кипіння карбонових кислот є асоціація їх молекул за рахунок водневого зв'язку:



У розчині оцтової кислоти за нормальних умов лише 17% молекул існують у вигляді мономеру. Решта – у вигляді *циклічних* і *лінійних димерів*.

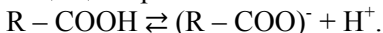
Міцність водневого зв'язку у кислотах приблизно удвічі вища, ніж у спиртів.

Хімічні властивості

Атом Гідрогену в OH-групі карбонових кислот, перебуваючи під впливом карбоксильної групи, є більш рухливим у порівнянні з атомом того ж Гідрогену в OH-групі спиртів. Завдяки цьому карбонові кислоти, у порівнянні зі спиртами, мають яскравіше виражені кислотні властивості.

Вони слабші за більшість мінеральних (HCl, H₂SO₄, H₃PO₄, HNO₂) кислот, проте сильніші за карбонатну (H₂CO₃). Найсильнішою кислотою у гомологічному ряді одноосновних насичених карбонових кислот є мурашина (H-COOH). Зі збільшенням вуглеводневого радикала їх кислотні властивості слабшають.

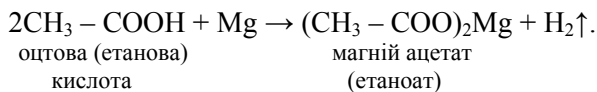
Загальна схема дисоціації карбонових кислот :



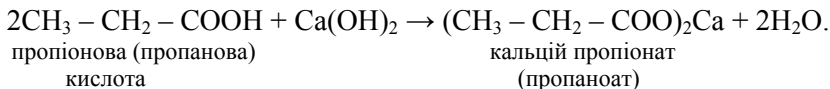
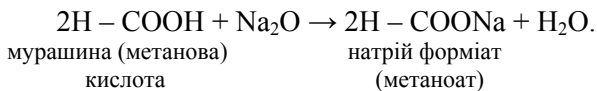
Подібно до мінеральних карбонові кислоти взаємодіють з металами, основними оксидами, основами та солями:

● *Взаємодія з металами*

Метали, розміщені у ряді стандартних електродних потенціалів до Гідрогену, витісняють його з карбонових кислот, утворюючи солі:

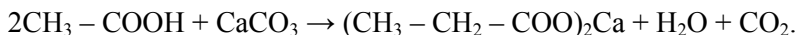


- **Взаємодія з основними оксидами та основами**



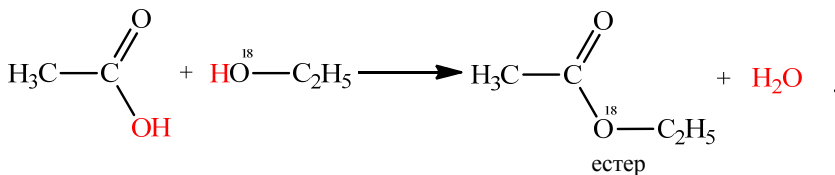
- **Взаємодія з солями.**

Нагадуємо, що карбонові кислоти сильніші за карбонатну кислоту. Отже вони витісняють її з карбонатів:



- **Реакція за участю OH-груп**

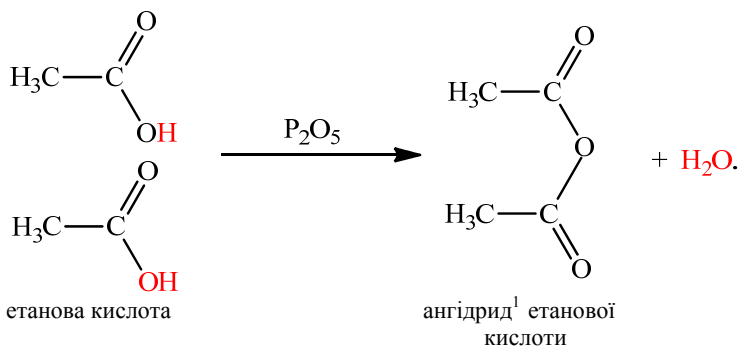
Карбонові кислоти взаємодіють зі спиртами з утворенням естерів:



За допомогою мічених атомів встановлено, що молекула води утворюється за рахунок атома Гідрогену спирту і OH групи молекули карбонової кислоти.

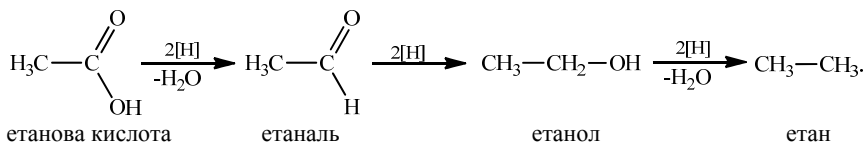
- **Реакції утворення ангідридів карбонових кислот**

Реакції відбуваються за участю H_2SO_4 (конц.), P_2O_5 і інших водовідбірних хімічних сполук:



• Реакції відновлення

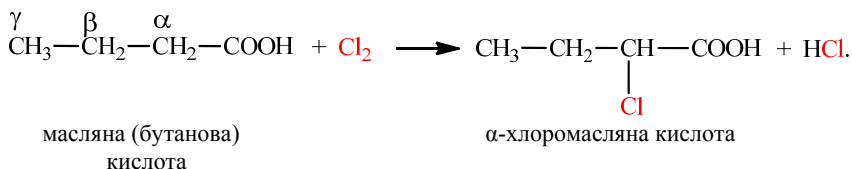
Карбонові кислоти можна відновити до альдегідів, спиртів і вуглеводів:



Ці реакції відновлення відбуваються із значними труднощами.

• Реакції з участю радикалів

Карбонові кислоти здатні вступати у реакції хлорування і бромовання. Реакції заміщення відбуваються біля α -атома Карбону:



¹ Ангідрид – буквально «безводний». Так називають кислотні оксиди, бо гідрати цих оксидів є кислотами.

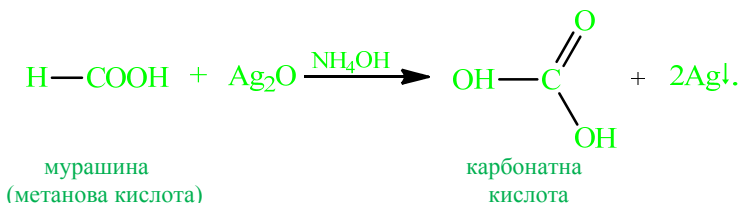
Можна провести заміщення усіх атомів Гідрогену радикала на атоми галогену.

Введення у радикал замісників у вигляді атомів галогенів істотно посилює їх кислотності властивості. Так, моноклороцтова кислота $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{COOH}$ сильніша, ніж оцтова у 80 разів, а трихлороцтова $\text{CCl}_3 - \text{COOH}$ – у 15000 разів.

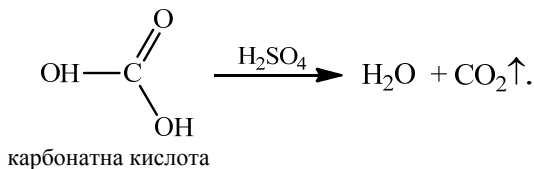
4.6.6. Якісні реакції на карбонові кислоти

Якісною реакцією на мурашину кислоту є реакція «срібного дзеркала».

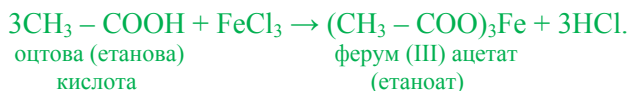
Через особливості будови молекул мурашина (метанова) кислота подібно до альдегідів легко окиснюється:



При нагріванні з концентрованою H_2SO_4 карбонатна кислота розкладається:



Оцтову кислоту можна виявити її взаємодією з ферум (III) хлоридом. При цьому утворюється ферум (III) етаноат – осад темно-червоного кольору:



Карбонові кислоти виявляють за реакцією з натрій гідрокарбонатом:

Лабораторна робота № 9

Вивчення властивостей етанової кислоти

Дослід 1. Дія органічної кислоти на індикатори

У кожную з двох пробірок налейте по 1-2 мл етанової (оцтової) кислоти. В одну з пробірок опустіть лакмусовий папірець, в іншу – кілька крапель розчину метилового оранжевого.

Спостерігайте зміну забарвлення індикаторів.

Зробіть відповідні записи у зошитах для лабораторних робіт.

Дослід 2. Взаємодія етанової (оцтової) кислоти з магнієм

До 9% розчину оцтової кислоти у пробірці додайте порошкоподібний магній. Спостерігайте виділення газу. Встановіть, який це газ. Складіть рівняння відповідної хімічної реакції. Зробіть потрібні записи.

Дослід 3. Взаємодія етанової (оцтової) кислоти з натрій гідроксидом

До 2-3 мл розчину натрій гідроксиду у пробірці додайте кілька крапель фенолфталеїну. До забарвленого розчину добавляйте розчин оцтової кислоти до знебарвлення вмісту пробірки.

Поясніть причину знебарвлення. Напишіть рівняння відповідної хімічної реакції. Дайте назву реакції, що відбуваються між кислотами і лугами. Зробіть загальний письмовий висновок про властивості етанової (оцтової) кислоти.

4.6.7. Добування і застосування карбонових кислот

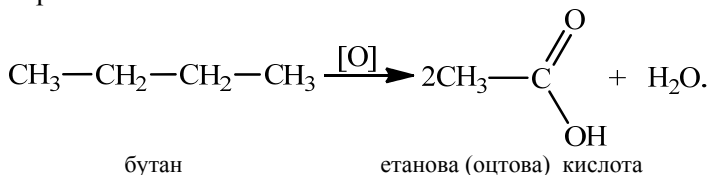
У природі карбонові кислоти знаходяться як у вільному (мурашина у виділеннях мурашок, волосках жалкової кропиви, деяких овочах і фруктах), так і зв'язаному (у вигляді жирів) станах.

Високомолекулярні жирні кислоти одержують гідролізом твердих жирів і олій.

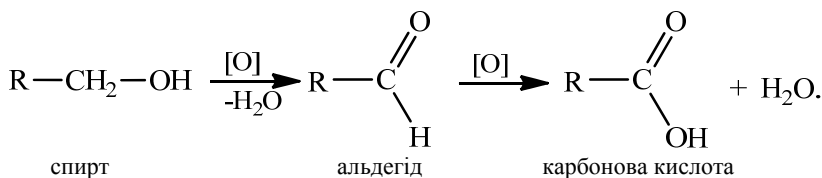
Проте більшість карбонових кислот одержують за допомогою органічного синтезу. Серед них:

❖ Окиснення алканів повітрям або киснем

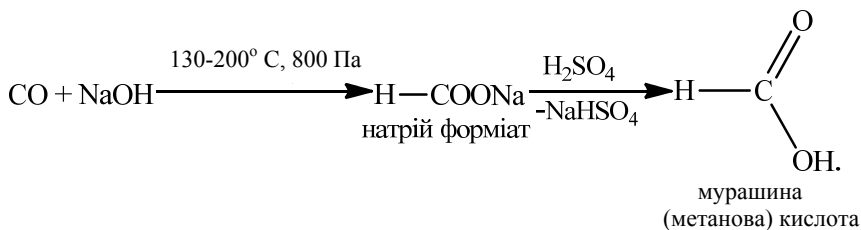
Реакції проходять за наявності тиску, температури і каталізаторів:



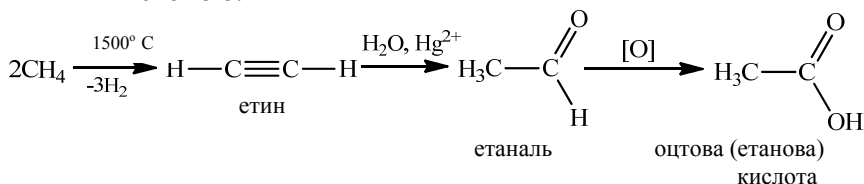
❖ Окиснення спиртів до альдегідів і кислот



❖ **Мурашину (метанову) кислоту** у промисловості добувають із карбон (II) оксиду CO нагріванням його з безводним (твердим) лугом під тиском з утворенням солі мурашиної кислоти. У подальшому сіль обробляють сильною сульфатною кислотою, отримуючи при цьому мурашину кислоту:



❖ **Оцтову кислоту** добувають із природного газу за такою схемою:



Мурашину кислоту використовують:

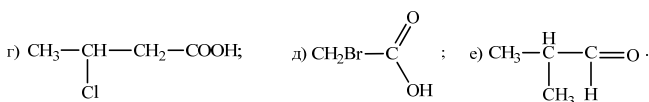
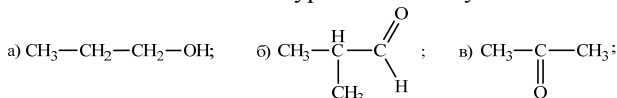
- ✚ для добування естерів;
- ✚ як протраву при фарбуванні текстильних виробів, паперу, шкіри та хутра;
- ✚ як відновник у техніці, вихідна речовина для синтезу багатьох медичних препаратів.

Оцтова кислота має найбільше практичне значення з усіх карбонових кислот. Її використовують:

- ✚ для виробництва оцтового альдегіду;
- ✚ сировина для виробництва кіноплівки, органічного скла;
- ✚ похідні ацетатної кислоти використовують для виготовлення білил, отрутохімікатів;
- ✚ як консервант у харчовий промисловості і домашньому господарстві.

Завдання для самоконтролю

- Дати визначення класу карбонових кислот.
- Чому серед карбонових кислот відсутні газуваті сполуки?
- Які види ізомерії характерні карбоновим кислотам?
- Які особливості будови і властивостей мурашиної кислоти?
- Якими реакціями карбонові кислоти подібні до мінеральних?
- Назвіть за IUPAC-номенклатурою такі сполуки:



7. За допомогою яких реакцій можна розпізнати мурашину і оцтову кислоти? Напишіть рівняння хімічних реакцій.
8. Розташуйте речовини в порядку зростання їх кислотності: пропанова кислота, пентан, 1-пропанол, монохлоропропанова кислота, дихлоропропанова кислота.
9. Поясніть, чому водневий зв'язок у карбонових кислотах міцніший, ніж у спиртів і води. Наведіть схему утворення водневого зв'язку.
10. Напишіть структурні формули таких кислот:
 - а) 2,3-дихлоропропанова;
 - б) 3-етилгептанова;
 - в) 2,2,3-триметилпентанова.
11. Напишіть рівняння хімічних реакцій, між такими речовинами:
 - а) бутанова кислота + бром;
 - б) пентанова кислота + літій гідроксид;
 - в) пропанова кислота + метанол;
 - г) 2-метанбутилова кислота + гідрогенхлорид.
12. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:
 - а) етин \rightarrow етен \rightarrow етанол \rightarrow оцтова кислота \rightarrow етилетаноат;
 - б) етин \rightarrow етаналь \rightarrow етанова кислота \rightarrow монохлорооцтова кислота;
 - в) кальцій оксид \rightarrow кальцій карбід \rightarrow етин \rightarrow етанова кислота \rightarrow \rightarrow ферум (III) ацетат.
13. Який об'єм ацетилену з об'ємною часткою домішок 5% необхідно для добування 150 г розчину оцтової кислоти з масовою часткою $\text{CH}_3\text{--COOH}$ 25% ?
14. Визначити склад і будову насиченої одноосновної карбонової кислоти, якщо на нейтралізацію цієї сполуки масою 14,08 г витратили розчин натрій гідроксиду об'ємом 22,4 мл, густиною $1,18 \text{ г/мл}$ з масовою часткою NaOH 22,4%
15. При окисненні 5,75 г кисневмісної органічної сполуки невідомої будови утворилась етанова кислота. Для повної нейтралізації газу, утвореного при повному згоранні цієї кислоти, потрібно 80 мг розчину калій гідроксиду з масовою часткою KOH 28% і густиною $1,25 \text{ г/мл}$. Яку речовину було взято для окиснення і скільки етанової кислоти при цьому утворилось?

Тестові завдання

1. Виберіть правильну назву найсильнішої кислоти:
 - а) мурашина;
 - б) оцтова;
 - в) пальмітинова;
 - г) масляна.

2. Вкажіть назву залишку оцтової кислоти, що утворюється після відщеплення атома Гідрогену від карбоксильної групи:
 - а) карбонільна група;
 - б) гідроксил;
 - в) ацетил;
 - г) альдегідна група.
3. Визначте сполуки, для яких характерна реакція «срібного дзеркала»:
 - а) етан та етанова кислота;
 - б) етанова кислота та етаналь;
 - в) етанол та етаналь;
 - г) метанова кислота та етаналь.
4. Встановіть відповідність між тривіальною назвою і назвами карбонових кислот за ІЮПАК-номенклатурою:

Тривіальна назва:

- 1) мурашина кислота;
- 2) оцтова;
- 3) валеріанова кислота.

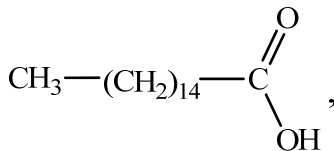
Назва за ІЮПАК-номенклатурою:

- а) гексанова кислота;
- б) гептанова кислота;
- в) етанова кислота;
- г) метанова кислота.

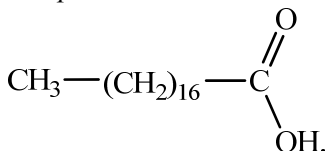
4.7. ВИЩІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ. МИЛА. СИНТЕТИЧНІ МИЙНІ ЗАСОБИ

4.7.1. Вищі карбонові кислоти

Серед вищих насичених одноосновних карбонових кислот найбільш важливіші є *пальмітинова* і *стеаринова*:



пальмітинова кислота



стеаринова кислота

Обидві кислоти – тверді, білого кольору речовини, нерозчинні у воді. Їх молекули мають нерозгалужений ланцюг з п'ятнадцяти і сімнадцяти атомів Карбону, сполучених σ-зв'язками (рис. 36).

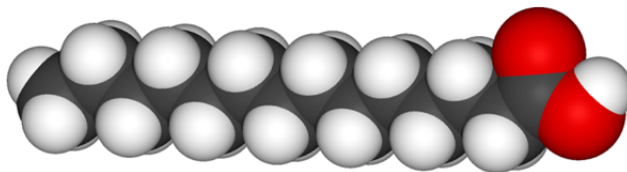
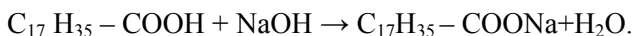
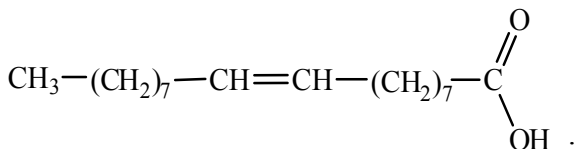


Рис. 36. Модель молекули пальмітинової кислоти

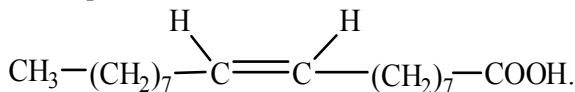
За хімічними властивостями високомолекулярні насичені кислоти подібні до інших карбованих кислот. Так, вступаючи у реакцію з лугами (реакція омилення), ці кислоти утворюють солі:



Існують кислоти, у вуглеводневому радикалі яких є один або кілька подвійних зв'язків між атомами Карбону. Одна з вищих ненасичених карбонових кислот, яка має один подвійний зв'язок, – *олеїнова*:

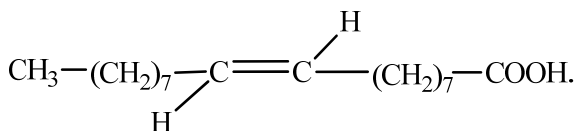


Подвійний зв'язок у вуглеводневому радикалі впливає на її властивості. На відміну від стеаринової кислоти, молекули якої містять однакову кількість атомів Карбону, олеїнова кислота – рідина. Подвійний зв'язок зумовлює *цис*-, *транс*-ізомерію. Олеїнова кислота – *цис*-ізомер:



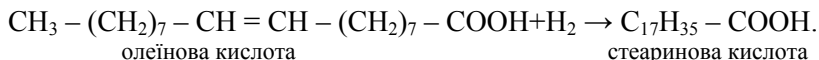
Сили міжмолекулярної взаємодії у *цис*-ізомерах невеликі. Це є причиною існування олеїнової кислоти у рідкому стані.

Молекули *транс*-ізомеру цієї сполуки щільніше прилягають одна до одної, як наслідок, сполука перебуває у твердому агрегатному стані.



олеїнова кислота – транс-ізомер

Подвійний зв'язок у молекулі впливає і на хімічні властивості ненасичених кислот. Вони вступають не лише у реакції омилення, що характерні насиченим карбоновим кислотам, але й у реакції приєднання (приєднання водню, бром):



Отже, ненасиченим карбоновим кислотам характерна подвійна хімічна функція.

Серед інших важливих ненасичених карбонових кислот – ліолева $\text{C}_{17}\text{H}_{31}-\text{COOH}$, ліоленова $\text{C}_{17}\text{H}_{29}-\text{COOH}$ і інші.

4.7.2. Мила

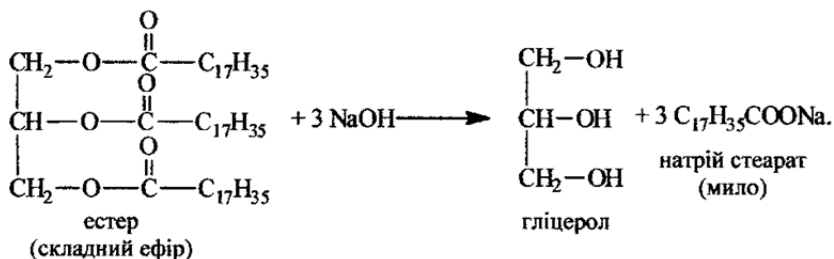
Мила – це лужні та лужноземельні солі вищих жирних насичених і ненасичених карбонових кислот з добавками барвників, запаших речовин, антисептиків тощо.

Мила – найдавніший препарат побутової хімії, ефективний засіб особистої гігієни.

Згадка про мила є у працях римського лікаря Галена (II ст. до н. е.). Миловаріння виникло у IX ст., а у XV ст. в Італії промисловим шляхом стали випускати тверде мило.

Кількість атомів Карбону, що входять до складу аніонів карбонових кислот може коливатись від 10 до 20. Проте, найчастіше мила – це солі пальмітинової та стеаринової кислот. *Напрієві солі* цих кислот ($\text{R}-\text{COONa}$) – *тверді*, а *калієві* ($\text{R}-\text{COOK}$) – *рідкі* мила.

Процес миловаріння полягає у *кип'ятінні твердих жирів чи олій з лугом*. При цьому відбувається реакція гідролізу (омилення):



Інший спосіб – *нагрівання жиру з водою* в автоклавах призводить до реакції гідролізу з утворенням кислоти, яку обробляють лугом або содою:



Рідкі мила



Тверді мила

При додаванні до розчину кухонної солі NaCl мило спливає на поверхню у вигляді щільного шару – *ядра*. Цей процес називають *висолюванням*. З цієї маси отримують звичайне господарське мило. Для виготовлення різних сортів туалетного мила додають барвники, ароматизатори, антисептики.

Чи відомо вам, що...

У далекому минулому волосся для краси намазували оліями і пахощами, а для прання використовували мийні глини і соки таких рослин як мильний корінь та мильнянка...

У дні жалоби голову посипали попелом. А потім – дивна справа – жир легко змивався, волосся ставало чистішим і блискучим. Адже попіл у сполучі з оліями – прообраз мила.

Після винаходу у XVI столітті пральної дошки набув поширення інший спосіб прання: білизну укладали у чан, над ним розстеляли полотно, на яке насипали золю. У чан через полотно наливали гарячу воду. Від змішування гарячої води з золою виходив луг і білизна відпиралася швидше...

Мийна дія натрієвих і калієвих мил – це складний фізико-хімічний процес. Він полягає у здатності мила очищати поверхні предметів від забруднення. Такі сполуки називаються *поверхнево-активними речовинами* (ПАР).

Найпоширеніші забруднення – це жирові плівки, що містять пил, сажу тощо. Вода – полярний розчинник, а тому такі неполярні речовини, як молекули жиру, у ній не розчиняються.

Процеси миття і прання ґрунтуються на виникненні неполярних жирових забруднюючих речовин з твердих поверхонь чи білизни і переміщення їх у воду. Який механізм цього фізико-хімічного процесу?

Аніон стеаринової кислоти $C_{17}H_{35}COO^-$ складається з двох частин – неполярної $C_{17}H_{35}$ і полярної COO^- . При стиканні мильного розчину частинками бруду відбувається процес адсорбції¹ молекул мила неполярною частиною з забрудненою поверхнею, яка повинна бути очищена (див. рис. 37).

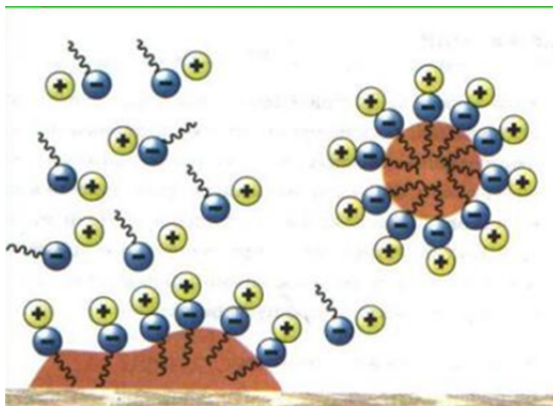
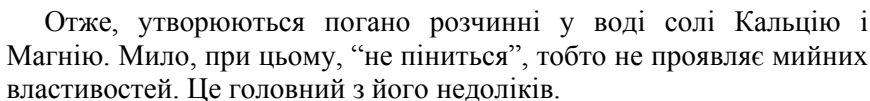


Рис. 37. Мийна дія мила

У процесі цієї взаємодії частинки бруду жирового походження разом з аніонами кислоти $C_{17}H_{35} - COO^-$ відокремлюються від поверхні тканини. Завдяки полярній – COO^- -групі вони не злипа-

¹ Адсорбція – поглинання газів чи розчинених речовин з розчину поверхнею твердого тіла (у даному випадку молекули мила молекулами жиру).

Звичайні мила мають погану мийну здатність у твердій воді. Основна причина – це зданість натрієвих і калієвих солей вступати у реакцію обміну з солями Кальцію і Магнію:



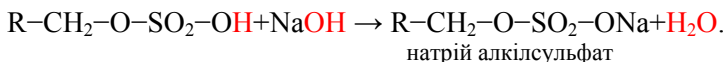
➤ Пригадайте, яка реакція називається реакцією гідрогенізації? Назвіть класи сполук, яким характерна така реакція.

$$2\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}.$$

вуглеводень, що входить до парафіну пальмітинова кислота

4.7.3. Синтетичні мийні засоби

$$\begin{array}{ccccccc} \text{R}-\text{CH}_2-\text{O} \text{ H} + & \begin{array}{c} \text{HO} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{SO}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{HO} \end{array} & \rightleftharpoons & \text{R}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{SO}_2-\text{OH} + \text{H}_2\text{O}; \\ \text{спирт} & \begin{array}{c} \text{сульфатна} \\ \text{кислота} \end{array} & & \begin{array}{c} \text{естер сульфатної} \\ \text{кислоти} \end{array} \end{array}$$



Отримані сполуки називають *синтетичними мийними засобами (СМЗ) або детергентами*. Крім *поверхнево-активної речовини (ПАР)*, синтетичні мийні засоби містять *відбілювачі, ароматизатори, антисептики, пом'якшувачі води* тощо.

До складу теперішніх СМЗ можуть входити декілька поверхнево-активних речовин, які за властивостями доповнюють одна одну.

СМЗ за рядом показників набагато кращі за звичайні мила, оскільки зберігають мийні властивості у твердій воді та при частому пранні не руйнують текстильних виробів. Крім того, їх мийна дія у 2-4 рази вища, а собівартість на 65-70% нижча у порівнянні з милом.

Перший синтетичний засіб з'явився у 1916 році. Винахід німецького хіміка Ф. Гюнтера призначався для промислового виробництва. Побутові СМЗ почали використовувати лише у 1933 році. З тих часів їх виробництво стало важливою галуззю хімічної промисловості.

Чи відомо вам, що...

На 1 см² шкіри здорової людини знаходиться від 100 тис. до 1 млн мікроорганізмів. Шкіра виділяє особливі захисні речовини, які руйнують білки бактерій. У разі її забруднення різко знижується процес виділення цих речовин...

Під час миття зі шкіри виділяється 1,5 млрд мікробів. Уже з цього випливає, що шкіру і одяг потрібно утримувати у чистоті...

Німецький вчений Юстус фон Лібіх пропонував визначити ступінь культури людей за кількістю витраченого мила.



Лабораторний дослід № 10

Порівняння властивостей мила і синтетичних мийних засобів

У 2 пробірки налейте тверду воду об'ємом 3-4 мл. У першу пробірку додайте по краплинах розчин мила, а у другу – розчин прального порошку. Вміст пробірок струшуємо. Спостерігаємо швидке утворення стійкої піни у пробірці з розчином порошку, якого витрачено менше, ніж розчину мила. Порівняйте мийну здатність у твердій воді мила і СМЗ. Використовуючи водно-спиртовий розчин фенолфталеїну, визначте реакцію середовища у водному розчині поданого вам у пробірках мила і прального порошку, яким ви користуєтесь у побуті. Поясніть, чому вироби з вовняних і шовкових тканин не слід прати засобами, розчини яких мають лужну реакцію.

4.7.4. Захист природи від забруднення СМЗ

Останнім часом синтетичні мийні засоби привернули до себе увагу в усіх країнах світу з інших причин. Всі вони мають істотні недоліки: не руйнуються у процесі використання, забруднюють навколишнє середовище та викликають алергічні реакції у багатьох користувачів.

Попадаючи зі стічними водами у ріки, озера, водоймища, ґрунт СМЗ негативно впливають на флору і фауну.

Виявилось, що синтетичні мийні засоби не розкладають мікроорганізми водоймищ. Надлишок у цих сполуках зв'язаного Фосфору призводить до масового розвитку мікроскопічних водоростей та інших мікроорганізмів. Водоймища “цвітуть”. При цьому витрачається значна кількість кисню, а до води потрапляють токсичні продукти розпаду. Це призводить до погіршення умов проживання водних рослин і тварин (планктону, молюсків, риб, ссавців).

Основними вимогами до мийного засобу, використання якого може завдати шкоди довкіллю і здоров'ю людини, є:

- *створення таких СМЗ, у яких би поверхнево-активні речовини розкладалися у природних умовах;*

- перевірка СМЗ на здатність подразнювати шкірні покриви і слизові оболонки людини, а також на мутагенну і канцерогенну токсичність;
- продовжувати працювати над розширенням асортименту СМЗ, поверхнево-активних речовин, у яких не містилося б поліфосфатів;
- продовжувати маркування СМЗ шляхом нанесення на зовнішню поверхню етикетки хімічних компонентів ПАР та інструкції з дозування СМЗ різного призначення.

Захист довкілля – складна проблема, бо вона вимагає комплексних заходів, серед них: очищення стічних вод, ощадливе використання мийних засобів, належне дотримання інструктивних рекомендацій тощо.



Завдання для самоконтролю

1. Напишіть спрощені структурні формули відомих вам насичених і ненасичених високомолекулярних кислот, назвіть їх.
2. Чому пальмітинову, стеаринову, олеїнову кислоти називають жирними?
3. Чому розчини мила мають лужну реакцію? Відповідь підтвердіть рівняннями відповідних реакцій.
4. Коли прати білизну у твердій воді, витрата мила зростає. Чим це пояснити?
5. Чому більшість СМЗ, розчиняючись у твердій воді, утворюють таку саму густу піну, як і при розчиненні у м'якій воді?
6. Як впливає подвійний зв'язок на властивості ненасичених жирних карбонових кислот?
7. Напишіть рівняння реакцій насиченої пальмітинової кислоти з кальцій гідроксидом, ненасиченої олеїнової кислоти з воднем.
8. Який об'єм водню (н. у.) необхідний для перетворення 2 моль олеїнової кислоти на стеаринову?
9. При обробці 20 г суміші олеїнової і стеаринової кислот надлишком бром у добуто 13,26 г продукту бромовання. Який склад вихідної суміші?
10. На виробництво 1 т туалетного мила, у якому частка натрій стеарату становить 60%, витрачається 748 кг стеаринової кислоти і 124 кг розчину натрій гідроксиду, у якому масова частка NaOH 92%. Яка масова частка виходу мила?

Тестові завдання

1. Вкажіть насичені вищі карбонові кислоти:
а) стеаринова;
б) пальмітинова;
в) ліноленова;
г) олеїнова;
д) лінолева.
2. Вкажіть твердження щодо олеїнової кислоти:
а) містить подвійний зв'язок;
б) містить 18 атомів Карбону;
в) входить до складу рідких жирів;
г) входить до складу твердих жирів.

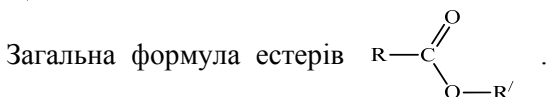
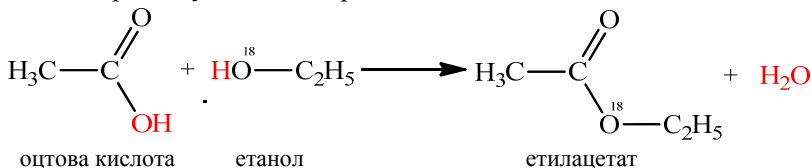
У цьому завданні є кілька правильних відповідей.

3. Назвіть сполуки, які при взаємодії зі стеариновою кислотою утворюють мило?
а) $\text{Ca}(\text{OH})_2$; б) Na_2CO_3 ; в) CaCO_3 ; г) NaOH .
4. За рахунок чого утворюються полімери олеїнової кислоти?
а) у результаті переміщення подвійного зв'язку;
б) різного розташування атомів водню і радикалів по відношенню до подвійного зв'язку;
в) ізомеризації карбонового ланцюга;
г) *цис* – і *транс* – положення груп атомів у просторі.

4.8. ЕСТЕРИ

Естери – це органічні сполуки, які утворюються унаслідок взаємодії кислот зі спиртами з відщепленням при цьому води.

Так, наприклад, при взаємодії оцтової (етанової) кислоти з етанолом у присутності концентрованої сульфатної кислоти як каталізатора добувають естер етилацетат:

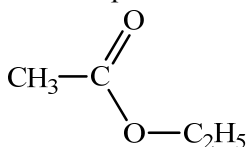


Вуглеводневі радикали можуть бути однакові (R і R) або різні (R і R'). У естерах мурашиної (метанової) кислоти замість радикала розташований атом Гідрогену.

Нагадаємо, що тривалий час вчені вважали, що при взаємодії кислот зі спиртами атом Гідрогену повинен відщеплюватись від молекул кислоти, а OH-група – від молекули спирту. Проте, за допомогою ізоотопу Оксигену ^{18}O (метод «мічених атомів») вдалося встановити, що гідроксильна група OH відщеплюється від карбонової кислоти.

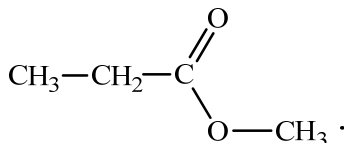
4.8.1. Номенклатура естерів

Загальна назва естерів – *складні ефіри*. За систематичною номенклатурою назви естерів утворюються від назви вуглеводневого радикала спирту і назви кислоти, у якій суфікс **-ова** замінений на суфікс **-оат** наприклад:



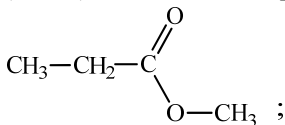
етилетаноат

і

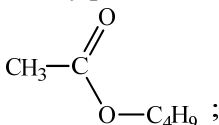


метилпропаноат

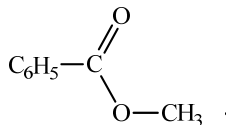
У випадках, коли для кислоти офіційною є її тривіальна назва, (C₁-C₅), можливе використання суфікса **-ат**:



метилпропіонат
(метильовий естер
пропіонової кислоти)



бутилацетат
(бутиловий естер
оцтової кислоти)



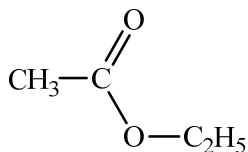
метилбензоат
(метильовий естер
бензенової кислоти)

4.8.2. Ізомерія естерів

Для естерів характерні два види ізомерії: *структурна* і *міжкласова*.

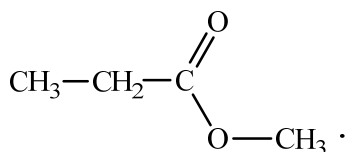
Структурна ізомерія. Для естерів характерна ізомерія карбонового скелета та спиртового радикала.

Так, наприклад, молекулярній формулі естеру $C_4H_8O_2$ відповідають такі два ізомери:



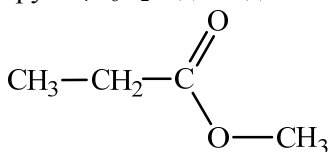
етилетаноат
(етиловий естер
етанової кислоти)

i



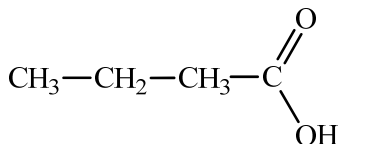
метилпропаноат
(метиловий естер
пропанової кислоти)

Міжкласова ізомерія. Естери і карбонові кислоти є міжкласовими ізомерами. Знову ж таки, молекулярній формулі молекул естеру $C_4H_8O_2$ відповідають ізомери:



метилпропаноат
(метиловий естер
пропанової кислоти)

i



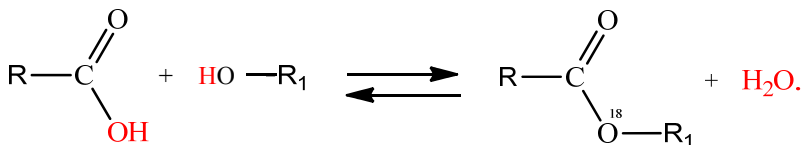
бутанова
(масляна кислота)

4.8.3. Добування

Естери широко поширені у природі. Їх добувають із рослин чи тваринних організмів.

Проте, чимало естерів добувають синтетичним шляхом. Серед багатьох способів добування естерів найпростішим є *реакція естерифікації*.

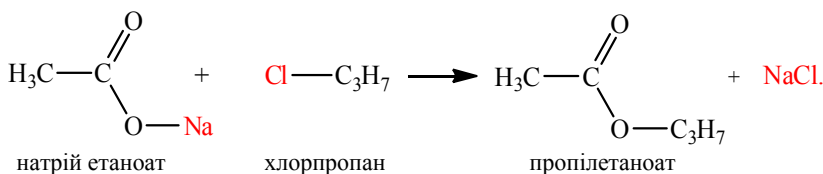
❖ *Реакцію утворення естерів з карбонових кислот і спиртів називають реакцією естерифікації*



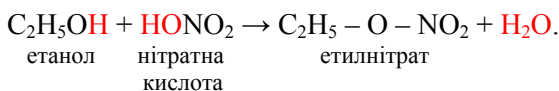
Ця реакція оборотна. Щоб здійснити рівновагу вправо, тобто у бік утворення естеру, потрібно взяти з надлишком кислоти чи спирту або ж відганяти з реакційної зони один з продуктів – естер чи воду.

➤ *Згадайте принцип Ле Шательє про напрям зміщення хімічної рівноваги в разі зміщення параметрів стану системи.*

❖ Іншим способом добування естерів є **взаємодія солей карбонових кислот з галогенопохідними алканів**



❖ Естери добувають при **взаємодії спиртів з мінеральними кислотами**



4.8.4. Фізичні властивості

Естери нижчих карбонових кислот і спиртів – безбарвні, леткі рідини, нерозчинні у воді, легкозаймисті з приємним фруктовим запахом.

Так, бутилетаноат має грушевий запах, метилбутаноат – запах яблук, етилбутаноат – абрикосів, етилізопентаноат – малини, етилсаліцилат – м'яти, бензил-етаноат – жасміну тощо.

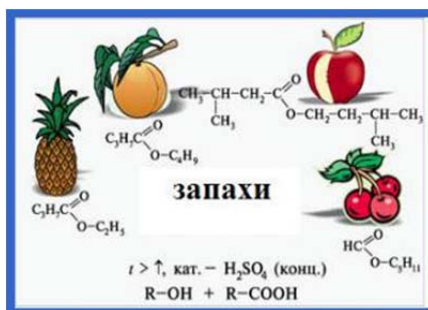


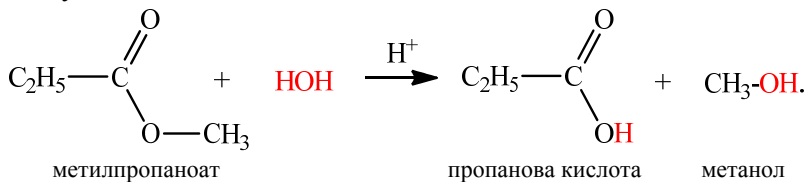
Рис. 38. Плоди, що містять у своєму складі естери

Приємний аромат квітів, ягід, плодів, сіна зумовлений наявністю у них тих чи інших естерів.

Естери не утворюють ОН-зв'язків у молекулах та водневих зв'язків між молекулами, тому малорозчинні у воді і киплять при нижчих температурах, ніж відповідні їм карбонові кислоти. Естери вищих (жирних) карбонових кислот (C_{15} - C_{30}) і вищих спиртів – високомолекулярні пластичні речовини. Цю групу сполук називають восками. Вони, зазвичай, не мають запаху, не змочуються водою, розчинні у бензені, хлороформі, бензині, етанолі.

4.8.5. Хімічні властивості

- Характерна властивість естерів – **взаємодія їх з водою (реакція гідролізу)**. Ця реакція оборотна реакції естерифікації. Відбувається вона повільно:

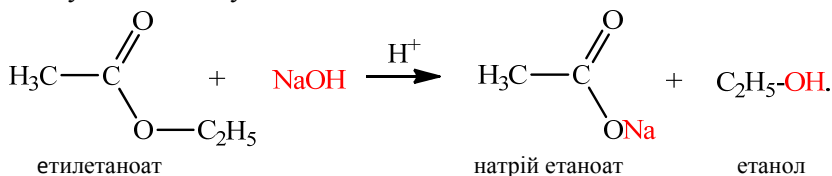


Взаємодію естеру з водою у присутності мінеральної кислоти (H_2SO_4) називають **кислим гідролізом**.

Якщо додати у реакційну суміш мінеральних кислот, то її швидкість збільшується.

- Реакцію гідролізу можна проводити у присутності лугу.**

Луг перетворюватиме кислоту у сіль. Потім із солі можна легко добувати кислоту:



Реакцію естеру з лугом називають **лужним гідролізом або омиленням**.

Процес омилення жирів проходить у промисловому масштабі, при цьому одержують гліцерол і солі вищих карбонових кислот, що являють собою мило.

4.8.6. Застосування естерів

✚ Естери застосовують як добрі розчинники для лаків і фарб, для виготовлення фруктових есенцій; у парфумерній та кондитерській справі.

✚ Метиллові естери ненасичених акрилової і метакрилової кислоти використовують для виробництва пластмас.

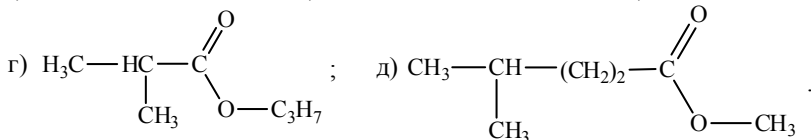
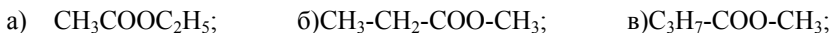
✚ З поліметилметакрилату виготовляють плівки, органічне скло.

✚ Деякі естери застосовують у медицині. Так, ізоамілітрат послаблює приступи стенокардії, розширює периферійні кровоносні судини.



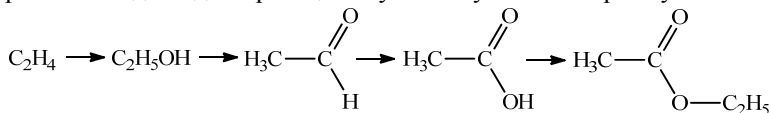
Завдання для самоконтролю

1. Які сполуки називаються естерами?
2. Яка реакція називається реакцією естерифікації?
3. Назвіть естери, формули яких:



4. Складіть рівняння реакцій добування таких естерів:
 - а) пропілізопентаноату;
 - б) масляно метилового естеру;
 - в) метилового естеру пропіонової кислоти;
 - г) етилметаноату;
5. Зобразіть структурні формули таких речовин:
 - а) етилформіат;
 - б) метилпентаноат;
 - в) 2,3,4-триметилпентанол;
 - г) 2-метил-1,2-пентандіол.

6. Напишіть рівняння хімічних реакцій:
 а) гідроліз пропілформіату;
 б) омилення тристеарат гліцеролу;
 в) добування бутилпропаноату.
7. Як перейти від етану до естеру – етилетаноату? Напишіть рівняння відповідних реакцій та укажіть умови їх перебігу:

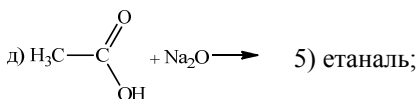
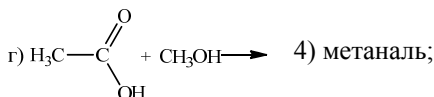
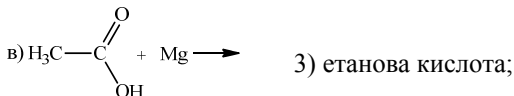
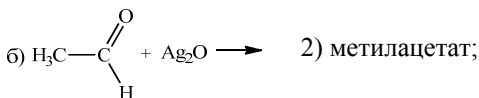


8. Здійсніть перетворення і зазначте умови перебігу реакцій:
 а) метан \rightarrow хлорметан \rightarrow етан \rightarrow етен \rightarrow етанол \rightarrow етилформіат;
 б) хлорметан \rightarrow метанол \rightarrow метаналь \rightarrow метанова кислота \rightarrow \rightarrow етилметаноат.
9. Розшифруйте схеми перетворень, напишіть рівняння відповідних реакцій, згадайте умови їх перебігу, дайте назви продуктам усіх реакцій:
 а) $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{A} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{C} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_3$;
 б) $\text{C}_3\text{H}_6 \rightarrow \text{A} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{C} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$.
10. Скільки грамів етилетаноату можна добути з 30 г оцтової кислоти і 23 г етанолу, якщо масова частка виходу продукту становить 90%?
11. При нагріванні 25,8 г суміші етанолу і етанової кислоти з кількома краплями концентрованої H_2SO_4 добуто 14,08 г естеру, а при спалюванні тієї ж кількості вихідної суміші повинно було утворитись 23,4 г води. Знайдіть масові частки речовин у вихідній суміші і обчисліть масову частку виходу естеру.

Тестові завдання

1. Вкажіть загальну формулу естерів:
 а) $\text{R}-\text{COOR}'$; б) $\text{R}-\text{COR}'$;
 в) $\text{R}-\text{CON}$; г) $\text{R}-\text{O}-\text{R}'$.
2. Вкажіть тип реакції, якою добувають естери:
 а) полімеризація; б) циклізація;
 в) ізомеризація; г) естерифікація.
3. Вкажіть реагент, під дією якого відбувається незворотний гідроліз етилетаноату:
 а) розчин H_2SO_4 ; б) бутанол;
 в) водний розчин NaOH ; г) вода.

4. Продукти реакції, що відбуваються за наведеними схемами, є речовини:



4.9. ЖИРИ

4.9.1. Будова жирів

Жири разом з вуглеводами, білками, нуклеїновими кислотами та біологічно-активними речовинами (гормонами, ферментами та вітамінами) входять до складу рослинних і тваринних організмів. Вони є важливою складовою їжі і енергетичним компонентом процесу обміну речовин.

Будову жирів встановили завдяки праці французьких хіміків М. Шевреля та П. Бертло. Нагріваючи жири з водою у присутності лугу, М. Шеврель (1817) встановив, що вони розкладаються на триатомний спирт гліцерол і карбонові кислоти (*реакція гідролізу*).

Інший французький вчений П. Бертло (1854) здійснив зворотний процес. При нагріванні гліцеролу з вищими карбоновими кислотами одержав жироподібну речовину (*реакція естерифікації*).



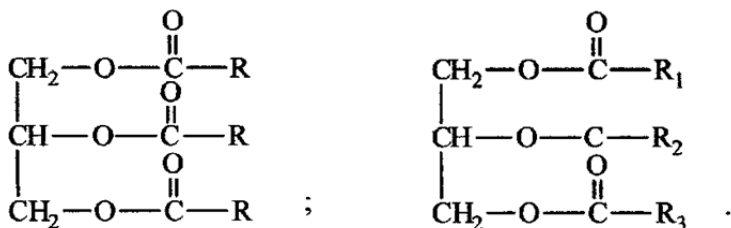
Шеврель Мішель Ежен (1786 – 1889)

французький хімік

Разом з А. Браконно встановив, що більшість жирів складається із стеарину та олеїну, виділив стеаринову, олеїнову і пальмітинову кислоти та холестерин із тканин тварин, виробив патент на виробництво стеаринових свічок (1825 р.), що поклало початок новій ері освітлення.

Жири – це естери, утворені триатомним спиртом гліцеролом і вищими карбоновими кислотами.

Загальні формули жирів:



Зліва – формула молекули жиру, до складу якої входять радикали однієї карбонової кислоти (R). Справа – радикали декількох кислот (R₁, R₂, R₃).

До складу природних жирів входять вищі насичені і ненасичені (жирні) карбонові кислоти з парним числом атомів Карбону і нерозгалуженим ланцюгом:

- пальмітинова C₁₅H₃₁ – COOH;
- стеаринова C₁₇H₃₅ – COOH;
- олеїнова C₁₇H₃₃ – COOH;
- лінолева C₁₇H₃₁ – COOH;
- ліноленова C₁₇H₂₉ – COOH і інші.



**Бертло (Бертело) П'єр Ежен Марселен
(1827 – 1907)**

французький хімік

Академік, державний діяч. Синтезував (1854 р.) аналоги стеарину, пальмітину, олеїну та інших жирів. Гідратацією етилену добув етиловий спирт. Вперше добув бензен, фенол, нафталін, синтезував мурашину кислоту, ряд ароматичних вуглеводнів.

Загальна назва жирів – *тригліцериди*. У природних жирах є і інші компоненти: барвники, запашні речовини, вітаміни (А, D, Е, К) тощо.

4.9.2. Класифікація жирів. Фізичні властивості

Жири класифікують за кількома критеріями.

За походженням:

- *рослинні;*
- *тваринні;*
- *комбіновані.*

За консистенцією:

- *тверді;*
- *рідкі.*

➤ *Наведіть приклади жирів рослинного і тваринного походження, твердих і рідких жирів.*

Тваринні жири (яловичий, овечий, свинячий) – є твердими речовинами (крім *риб'ячого жиру*) з невисокою температурою плавлення. До їх складу входять переважно насичені карбонові кислоти – пальмітинова $C_{15}H_{31}COOH$, стеаринова $C_{17}H_{33}COOH$ і деякі інші.

Рослинні жири – олії (соняшникова, лляна, соєва, ріпакова, бавовняна) – рідини (крім *кокосової олії*). До їх складу входять ненасичені карбонові кислоти – олеїнова $C_{17}H_{33}COOH$, лінолева $C_{18}H_{31}COOH$ і інші.

Жири легші за воду, нерозчинні у воді, проте добре розчиняються у бензині, дихлоретані, тетрахлоретані, бензені і інших органічних розчинниках.



Лабораторний дослід № 11

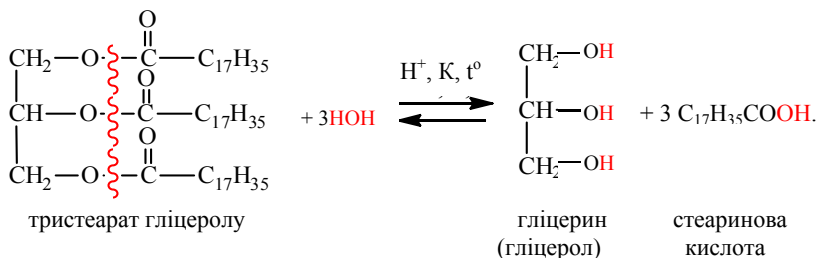
Вивчення властивостей жирів

У чотири пронумеровані пробірки помістимо по 1 мл соняшникової олії. До першої пробірки добавимо воду, до другої – бензин (*пам'ятайте про техніку безпеки при роботі з легкозаймистими речовинами*), до третьої – 2-3 мл етилового спирту. До четвертої пробірки з олією добавимо розчин калій перманганату. Ретельно збовтаємо кожну з пробірок.

Зробіть висновки про розчинність олії у різних розчинниках та на'явність кратних зв'язків у молекулах карбонових кислот, що входять до складу жиру.

4.9.3. Хімічні властивості

• **Реакція гідролізу** – взаємодія жирів з водою (**кислий гідроліз**) відбувається у присутності каталізаторів (кислот, лугів, оксидів магнію, кальцію, цинку).

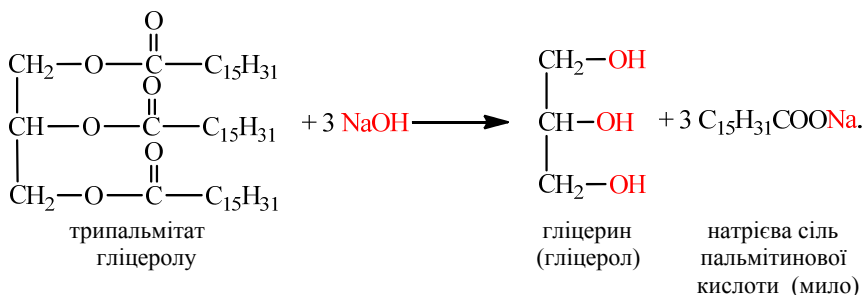


➤ Які умови, на вашу думку, можуть сприяти зміщенню рівноваги в бік утворення гліцеролу і карбонової кислоти?

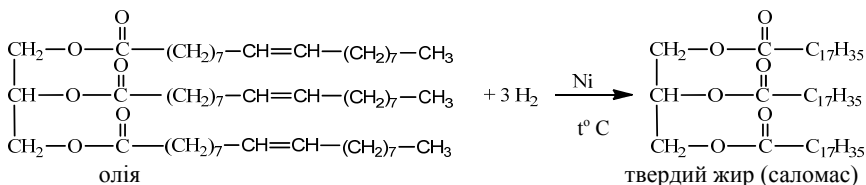
З гідролізом пов'язане перетворення жирів в організмі. Під впливом ферментів вони розкладаються на гліцерол і жирні кислоти. Ворсинки кишечника всмоктують ці продукти гідролізу. Асоційовані жири на клітинному рівні знову гідролізуються, а потім

поступово окиснюються до CO_2 і H_2O . Ці екзотермічні реакції дають організмові енергію, необхідну для життєдіяльності.

● **Реакція омилення.** За наявності лугу (*лужний гідроліз*) та температури $220\text{--}260^\circ\text{C}$ реакція проходить до кінця. При цьому утворюються солі вищих жирних карбонових кислот, які називаються милами (див. 4.7.2). Ось чому цю реакцію називають *реакцією омилення*.



● **Реакція гідрування (гідрогенізації).** Рідкі жири переробляють на тверді за допомогою реакції гідрування (гідрогенізації).



Процес здійснюють у ряді з'єднаних між собою автоклавів безперервним способом. Суть способу полягає у тому, що крізь нагріту суміш олії з тонко подрібненим каталізатором (нікелевим або мідно-нікелевим) пропускають водень під невеликим тиском. Водень приєднується у місцях подвійних зв'язків у вуглеводневих радикалах молекул жирів (див. рис. 39).

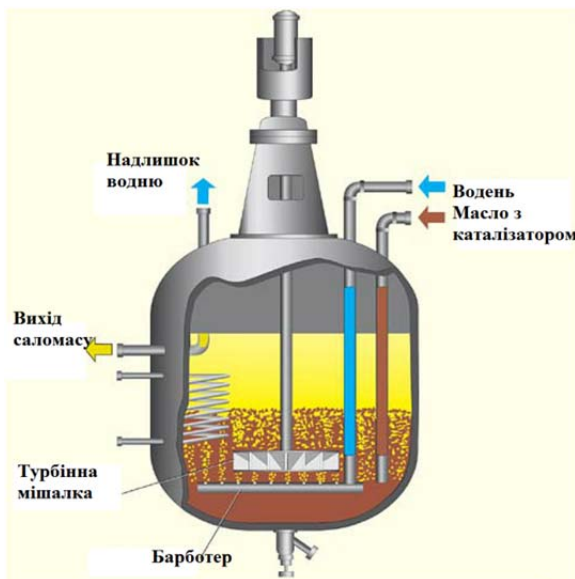


Рис. 39. Автоклав для гідрування жирів

Продуктом реакції є твердий жир – *саломас*. Твердий жир використовують для виробництва мила. І якщо вихідним матеріалом слугують столові сорти олії, то з такого гідрогенізованого жиру виготовляють маргарин. До складу маргарину, крім гідрогенізованого жиру рослинного походження, входять тваринні жири, молоко та смакові добавки (сіль, цукор, вітаміни тощо).

- **Окиснення жирів.** Під дією світла, тепла, вологи та кисню повітря відбувається часткове їх окиснення. Утворюються вільні карбонові кислоти (зокрема, масляна), а ненасичені карбонові кислоти окиснюються з утворенням альдегідів і кетонів. Як наслідок, жири набувають неприємного запаху і гіркотого смаку.

4.9.4. Біологічна роль жирів

✚ **Енергетична функція.** При повному розщепленні 1 г жирів звільняється 38,9 кДж енергії. Це вдвічі більше, ніж при подібному розщепленні такої кількості вуглеводів чи білків.

✚ **Теплоізоляційна.** Резервний жир ізолює організм від впливу тепла і холоду.

✚ **Транспортна.** Жири – розчинники і носії жиророзчинних вітамінів (А, Е, К, D).

✚ **Пластична.** Жири утворюють комплекси з білками і вуглеводами (*ліпопротеїди, гліколіпіди*) і входять до складу клітинних мембран, крові.

✚ **Регуляторна.** Ліпідну природу мають гормони і вітаміни групи D. Вони беруть участь у регуляції життєвих функцій.

✚ **Захисна.** Жири ізолюють внутрішні органи від механічних ушкоджень.

✚ **Джерело води.** При окисненні 1 г жиру утворюється 1,1 г води.

Чи відомо вам, що ...

Однією з найважливіших складових здоров'я є дотримання збалансованого харчування. Так, нестача жирів у раціоні призводить до затримання росту, порушень структури і функцій клітинних мембран, зниження імунітету, порушення діяльності ЦНС.

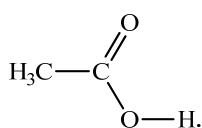
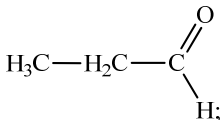
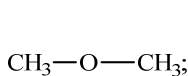
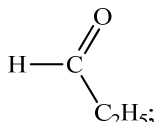
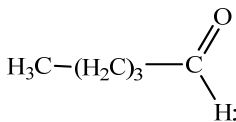
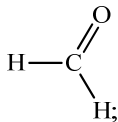
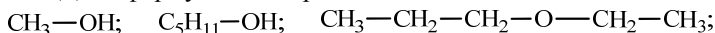
Споживання надлишкової кількості жиру призводить до ожиріння, атеросклерозу (через накопичення холестерину на внутрішніх стінках кровоносних судин), а також вкорочує життя.

Завдання для самоконтролю

1. Які речовини називаються жирами?
2. Які жири називають змішаними?
3. Чим рідкі жири відрізняються від твердих?
4. Яке значення гідрування жирів?
5. Напишіть формули жирів триолеїну, тристеарину. Яка між ними відмінність за агрегатним станом і чому?
6. Дайте визначення реакції гідрогенізації. У яких випадках вона використовується?

7. Які продукти одержимо унаслідок реакції гідролізу у лужному середовищі α -пальмітодіолеостеарину?

8. Дано формули таких речовин.



Випишіть окремо формули ізомерів, гомологів.

9. На гідрування триолеїну витрачено водень об'ємом 44,8 л. Визначіть масу витраченої олії.

10. Скільки тон гліцеролу можна одержати з 25 т технічного жиру, що містить тристеарин масовою часткою 85,4% і 14,6% води та домішок.

11. На виробництво 1 т туалетного мила, у якому масова частка стеарату натрію становить 60%, витрачено 748 кг стеаринової кислоти і 124 кг розчину їдкого натрію, у якому масова частка NaOH 92%. Яка масова частка виходу мила?

12. При омиленні жиру і підкисленням було виявлено три сполуки: А, Б, В. Сполука А дає синє забарвлення з купрум (II) гідроксидом. Сполуки Б і В забарвлюють лакмус у червоний колір. При обробці сполуки Б надлишком бромної води добуто дибромпохідне, у молекулі якого масова частка Броду 32,6%. Сполука В має нерозгалужений ланцюг карбонових атомів, не приєднує броду і масова частка Оксигену 36,3%. Яку назву і будову мають сполуки А, Б, В?

Тестові завдання

1. Залишки якої кислоти входять до складу рідкого жиру:
- а) стеаринова;
 - б) олеїнова;
 - в) маргарінова;
 - г) пальмітинова?

2. Яка сполука при взаємодії зі стеариноювою кислотою утворює мило?

- а) $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- б) CaCO_3 ;
- в) K_2SO_4 ;
- г) NaOH ?

3. Вкажіть твердження щодо пальмітинової кислоти:

- а) містить подвійний зв'язок;
- б) містить 14 атомів Карбону;
- в) входить до складу рідких жирів;
- г) входить до складу твердих жирів.

4. Встановіть відповідність між типом реакції та схемою перетворення.

Тип реакції:

- а) окиснення;
- б) відновлення;
- в) естерифікація;
- г) гідроліз;

Схема перетворення:

- 1) $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CONH}_2$;
- 2) $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_3$;
- 3) $\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}$;
- 4) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$;
- 5) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CONH}_2$.

4.10. ВУГЛЕВОДИ. МОНОЦУКРИДИ

4.10.1. Загальна характеристика

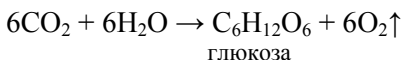
Вуглеводи – це органічні сполуки, склад яких виражається загальною формулою $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$.

Термін «вуглеводи» запропонував російський хімік К. Шмідт (1844). На певному етапі розвитку органічної хімії вважали, що ці сполуки складаються з Карбону (вуглецю) і води.

Подальше їх дослідження показало, що назва неточна. Винайдені вуглеводні, склад яких не відповідає загальній формулі (цукор *рамноза* $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$). Крім того, відомі сполуки (*метаналь* CH_2O , *оцтова кислота* $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, *молочна кислота* $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$), склад яких, хоч і відповідає загальній формулі $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$, але за властивостями вони відрізняються від вуглеводів. Проте, історична назва сполук збереглась.

Вуглеводи досить поширені у природі. Наприклад, 80% сухої маси рослин та приблизно 20% маси тварин і людини є представниками цього класу сполук. Вуглеводи виконують опорну та структурну функції, і відіграють важливу роль у процесах обміну речовин та їх енергетичному забезпеченні. Денний раціон людини на 60-70% складається з вуглеводів.

Вуглеводи утворюються у зелених рослинах і деяких мікроорганізмах у процесі *фотосинтезу*:



При фотосинтезі енергія Сонця перетворюється в енергію хімічних зв'язків. Фотосинтез – єдиний процес у біосфері, який призводить до збільшення енергії за рахунок зовнішнього джерела – Сонця і забезпечує існування на земній кулі усіх живих організмів.

Вам відомо з курсу біології, що кожного року на поверхні Землі і Світового океану синтезується 160 млрд т органічної маси, засвоюється до 200 млрд т вуглекислого газу і виділяється біля 150 млрд т кисню. При цьому значна частина простих вуглеводнів, що утворюються унаслідок фотосинтезу, під впливом відповідних ферментів (*дайте визначення цим сполукам*) перетворюються у складніші і стійкіші сполуки.

4.10.2. Класифікація вуглеводів

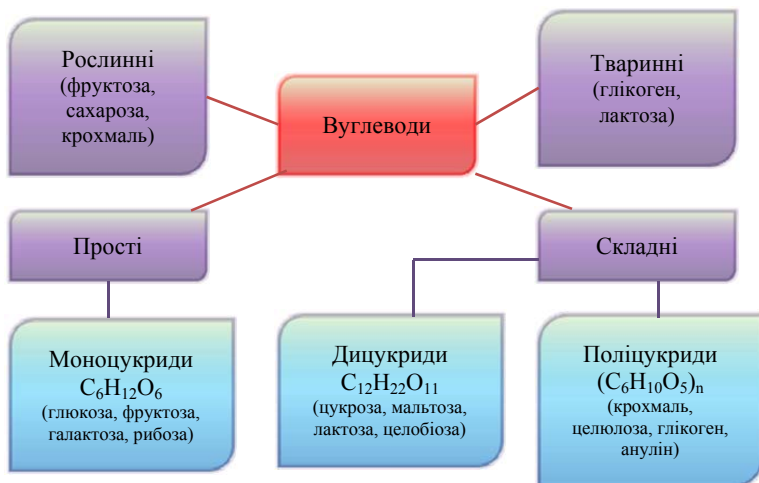
Прості вуглеводи називають моноцукридами. Вони, як правило, містять нерозгалужений карбоновий ланцюг, декілька гідроксильних груп –OH і альдегідну –CHO або кетонну >C=O групи.

Складні вуглеводи поділяють на *оліго-* і *поліцукриди*. Олігоцукриди – вуглеводи, молекула яких містить від 2 до 11 моноцукридних залишків. Найпоширеніші серед них – *дисахариди*.

Молекула *поліцукридів* містить від 11 до кількох тисяч залишків моноцукридів.

Класифікацію вуглеводів показано на табл. 4.3.

Таблиця 4.3



Моноцукриди

Моноцукриди (monos – один) – найпоширеніші вуглеводи. Їх молекули не здатні розчеплюватись при реакціях гідролізу на простіші речовини.

Моноцукриди можуть містити 3-10 атомів Карбону. Найцінніші серед них – *пентози* та *гексози* – сполуки, молекули яких містять 5 і 6 атомів Карбону відповідно. Серед гексоз і пентоз найважливішими є *глюкоза* і *фруктоза*, *рибоза* і *дезоксирибоза*.

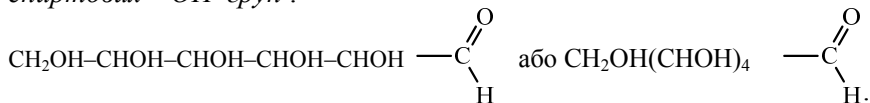
4.10.3. Глюкоза

Будова молекули. Слово «глюкоза» походить від давньогрецького *glucos* – що означає «солодкий». Її ще називають *виноградним цукром*, бо у виноградному соку її особливо багато. Крім того, глюкоза входить до складу фруктів, ягід, меду, крохмалю та інших поліцукридів. У 100 мл крові людини міститься 85-110 мг глюкози.

Це біла, кристалічна речовина, добре розчинна у воді, солодка на смак.

Будову глюкози виведено на підставі вивчення її хімічних властивостей. Глюкоза як типовий спирт взаємодіє з металами, утворює алкоголяти. Відомий оцтовий естер глюкози містить п'ять кислотних залишків. Отже, *глюкоза є багатоатомним спиртом*.

З амоніачним розчином аргентум (I) оксиду глюкоза дає реакцію «срібного дзеркала», що свідчить про наявність у кінці вуглеводневого ланцюга *альдегідної групи* $-CHO$. Таким чином, *глюкоза є альдегідоспиртом*, що містить одну альдегідну і п'ять спиртових $-OH$ груп :

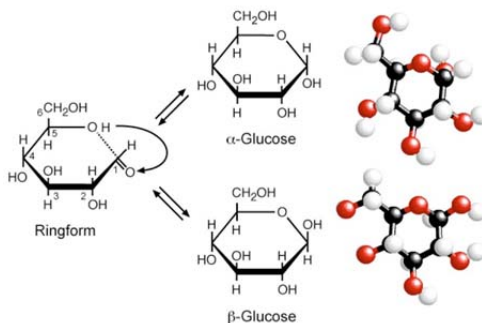


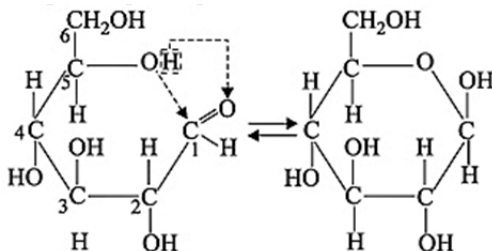
Проте, не усі властивості глюкози узгоджуються з її будовою, як альдегідоспирту. Причиною є те, що поряд з ланцюговою (альдегідною) формою існують циклічні форми глюкози.



Рис. 40. Модель молекули глюкози: а) альдегідна форма; б) циклічні форми

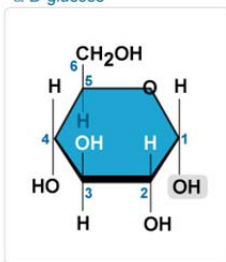
Молекула ланцюгової глюкози набуває циклічної форми, якщо альдегідна група $-CHO$ близько підійде до п'ятого атома Карбону. Тоді вона взаємодіятиме з OH -групою, аналогічно до вже відомого вам приєднання води до альдегідів. Як результат, молекула замкнеться через атом Оксигену у шестикутнє кільце. У такій молекулі альдегідної групи уже не буде:



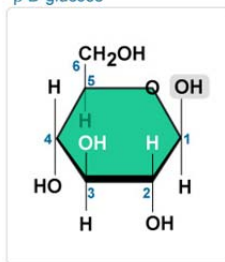


Є дві циклічні форми (α - і β -) глюкози. Гідроксильна група OH , що утримується першим атомом Карбону, може бути під площиною шестикутного кільця (α -форма) і над площиною (β -форма):

α -D-glucose



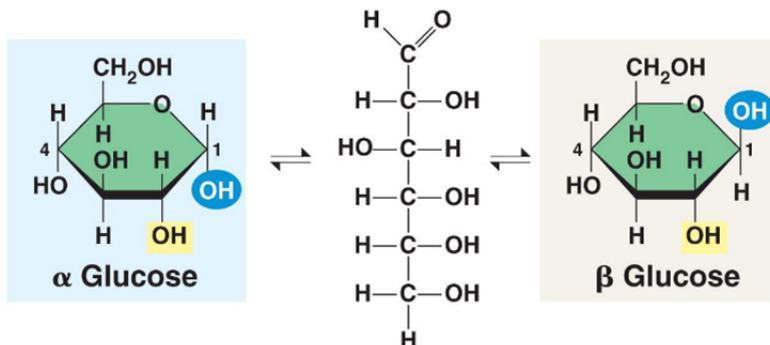
β -D-glucose



Dept. Biol. Penn State ©2002

У кристалічному стані глюкоза має виключно циклічну будову (суміш α - і β -форм).

При розчиненні у воді α -форма переходить у ланцюгову, а через неї – у β -форму. Процес взаємоперетворення різних форм глюкози у водних розчинах перебуває у стані динамічної (хімічної) рівноваги:

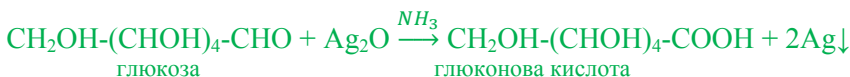


Хімічні властивості

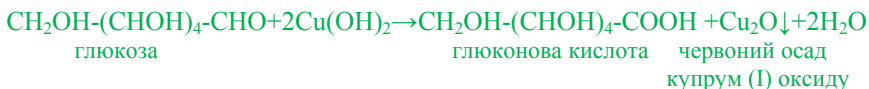
Хімічні властивості глюкози зумовлені наявністю у молекулі альдегідної $-CHO$ і гідроксильної $-OH$ груп. Отже, їй властива подвійна хімічна функція.

Реакції альдегідної групи

• *Окиснення альдегідної групи глюкози амоніачним розчином аргентум (I) оксиду (реакція «срібного дзеркала»):*



• *Окиснення глюкози під час нагрівання з купрум (II) гідроксидом:*



Обидві хімічні реакції є якісними на глюкозу.

Лабораторний дослід № 12

Взаємодія глюкози з купрум (II) гідроксидом

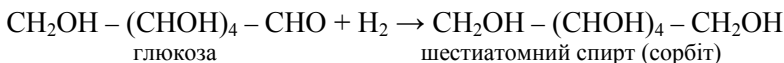
Обладнання і реактиви: розчин купрум (II) сульфату, розчин натрій гідроксиду, розчин глюкози, штатив, пробірки, пробіркотримач, спиртівка.

Дослід 1. У пробірку налейте розчин купрум сульфату об'ємом 0,5-1 мл і додайте розчин натрій гідроксиду об'ємом 2-3 мл. Спостерігаємо утворення синього осаду. До добутого осаду додайте такий самий об'єм розчину глюкози, збовтуючи при цьому суміш.

Про що свідчить утворення синього розчину?

Дослід 2. Нагрійте вміст пробірки. Які зміни у пробірці трапились при нагріванні? Про наявність якої функціональної групи у молекулі глюкози свідчить цей дослід?

- **Відновлення глюкози до шестиатомного спирту:**



➤ *Пригадайте, як називаються хімічні реакції взаємодії речовини з воднем?*

Сорбіт – солодка на смак речовина, розчинна у воді. Він є проміжним продуктом у синтезі вітаміну С, замінником цукрози у діабетиків. На нього багаті плоди горобини і трояндових.

Реакції гідроксильних груп

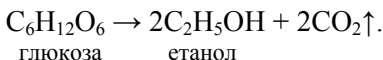
- Глюкоза реагує з карбоновими кислотами, утворюючи естери. При цьому вступають у хімічну взаємодію усі п'ять гідроксильних груп *ОН*.
- Як багатоатомний спирт глюкоза реагує з купрум (II) гідроксидом, утворюючи купрум (II) цукрат.

Реакції бродіння

Важливою хімічною властивістю глюкози є її бродіння під впливом ферментів, які виробляють мікроорганізми.

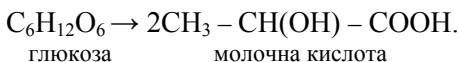
Основні види бродіння

- **Спиртове:**



Спиртове бродіння відбувається під дією ферментів дріжджів.

- **Молочнокисле:**



Молочна кислота утворюється при скисанні молока. Молочно-кисле бродіння має велике значення у переробці сільськогосподарських продуктів. З ним пов'язане виготовлення різноманітних кисломолочних продуктів, квашення овочів і фруктів, силосування кормів тощо.

- **Маслянокисле:**



Масляна кислота – безбарвна рідина з різким і неприємним запахом, добре розчинна у воді та органічних розчинниках. Згіркнення коров'ячого масла пов'язане з утворенням естерів за участі масляної кислоти.



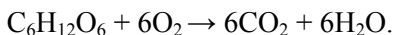
Застосовують масляну кислоту у синтезі медикаментів, виробництві пластифікаторів, запашних речовин.

Добування і застосування глюкози

У промисловості глюкозу добувають гідролізом крохмалю чи целюлози у кислому середовищі.

❖ Уперше глюкозу хімічним способом одержав російський хімік Т. Е. Кірхгоф (1811 р.) шляхом гідролізу крохмалю.

Глюкоза – цінна поживна речовина. При її окисненні у тканинах вивільнюється енергія, необхідна для життєдіяльності організмів. Реакції *повного окиснення* глюкози можна подати сумарним рівнянням:



Чи відомо вам, що ...

Процес повного розщеплення глюкози до CO_2 і H_2O на клітинному рівні проходить у 3 етапи: підготовчий, безкисневий і кисневий.

При цьому утворюється багато проміжних сполук. Серед них молочна і піровиноградна кислоти.

При поетапному розщепленні одного моля глюкози виділяється 3000 кДж енергії, з яких 55% запасастся у вигляді хімічних зв'язків (синтезується 38 молекул АТФ), а решта 45% розсіюється у вигляді тепла.

За рахунок енергії АТФ, що відновлюється у процесі поетапного розщеплення глюкози організм здійснює різноманітні функції: структурну, рухову, секреторну, захисну тощо.

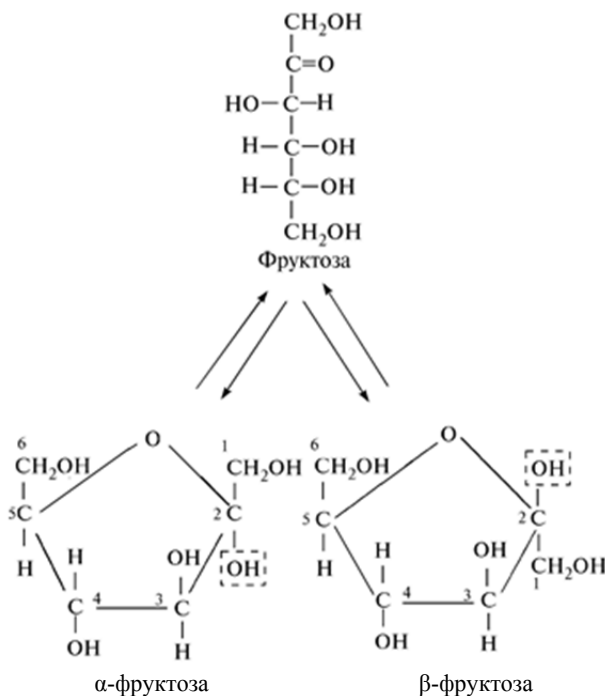
✚ Застосовують глюкозу у медицині для приготування лікувальних препаратів, консервування крові, внутрішнього вливання при виснаженні організму.

✚ Глюкоза широко використовується у кондитерському виробництві для виготовлення патоки, карамелей, пряників тощо.

✚ Як відновник глюкоза використовується для виробництва ялинкових прикрас. У текстильній промисловості – для обробки тканин, шкіри.

4.10.4. Фруктоза

Фруктоза (фруктовий цукор) належить до кетонспиртів. Вона – структурний ізомер глюкози і може існувати у вигляді відкритої та циклічних (α - і β -) форм.



Фруктоза – біла кристалічна речовина, добре розчинна у воді. Це найсолодший цукор, який використовують для лікування. Якщо цукристість цукрози прийняти за 100, то цукристість глюкози – 74, галактози – 32, лактози – 16, а цукристість фруктози – 173.

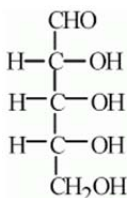
Фруктоза не має альдегідної групи, тому їй не властива реакція «срібного дзеркала».

До складу бджолиного меду входить близько 50% фруктози. Вона міститься у деяких ди- і полісахаридах.

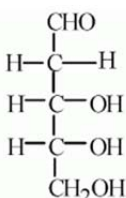
4.10.5. Рибоза і дезоксирибоза

Обидві хімічні сполуки відносяться до *пентоз* – речовин, молекули яких містять по п'ять атомів Карбону.

Наводимо структурні формули рибози і дезоксирибози з відкритим карбоновим ланцюгом:

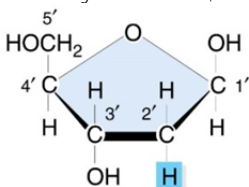


рибоза

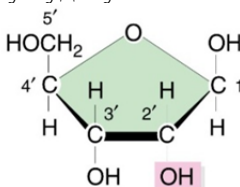


дезоксирибоза

Отже, у порівнянні з рибозою у молекулі дезоксирибози на одну *ОН*-групу менше. Як і молекули глюкози, молекули рибози і дезоксирибози можуть мати циклічну будову:



дезоксирибоза



рибоза

При окисненні альдегідної групи обидві пентози утворюють відповідні кислоти. При їх відновленні утворюються багатоатомні спирти. Дезоксирибоза і рибоза мають велике біологічне значення. Вони входять до складу нуклеїнових кислот (ДНК і РНК), які здійснюють у клітинах організмів синтез білків і передачу спадкової інформації.

Завдання для самоконтролю

1. Які речовини належать до вуглеводів? Як їх класифікують?
2. Чому глюкозу називають альдегідоспиртом?
3. Як експериментально можна довести, що у молекулі глюкози є альдегідна і п'ять гідроксильних груп?
4. Напишіть рівняння реакцій, в яких глюкоза проявляє окисні і відновні властивості.
5. Чому циклічна форма глюкози не дає реакції «срібного дзеркала»?
6. Напишіть рівняння реакції, що відбувається у процесі фотосинтезу.
7. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:
а) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{HCHO} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4$;
б) вапняк \rightarrow карбон (IV) оксид \rightarrow глюкоза \rightarrow етанол \rightarrow етен.
8. Які види бродіння вам відомі? Напишіть рівняння відповідних реакцій. Яке значення цих видів бродіння?
9. У процесі бродіння глюкози утворилось 56 г газу. Яка кількість речовини глюкози розклалась?
10. Під час бродіння глюкози масою 72 г добули молочну кислоту масою 60 г. Визначте масову частку виходу продукту.
11. При згорянні речовини масою 0,45 г утворився вуглекислий газ масою 0,66 г і вода масою 0,27 г. Знайдіть формулу речовини, якщо її відносна молекулярна маса 180.

Тестові завдання

1. Вкажіть вуглеводи, що належать до моноцукридів:
а) крохмаль; б) целюлоза; в) глюкоза;
г) фруктоза; д) цукроза.
2. Вкажіть твердження щодо існування молекул глюкози:
а) у кристалічному стані молекули глюкози існують як у циклічній, так і у ланцюговій формі;
б) у кристалічному стані молекули глюкози мають лише циклічну будову;
в) у водних розчинах у стані динамічної рівноваги існують альдегідна та циклічна форми;
г) у водних розчинах молекули глюкози існують лише у циклічній формі;
д) циклічна форма глюкози містить альдегідну групу.
3. Встановіть сполуку, яка міститься при взаємодії глюкози з амоніачним розчином аргентум (I) оксиду:
а) сорбіт; б) аргентум глюканат;
в) глюконова кислота; г) цукрова кислота.

4. Обчисліть кількість теплоти (кДж), яка виділяється при спалюванні 9 г глюкози, якщо при спалюванні 1 моль глюкози виділяється 287 кДж теплоти:
- а) 1435,0; б) 71,75;
в) 143,5; г) 14,35.

4.11. ДИЦУКРИДИ. ЦУКРОЗА

Серед олігоцукридів (C_2-C_{10} циклів) найбільше значення мають дицукриди.

Дицукриди – це вуглеводи, молекули яких складаються з двох залишків моноцукридів, з'єднаних один з одним за рахунок гідроксильних груп ОН.

Це можуть бути молекули одного або різних моноцукридів. У природі у вільному стані зустрічаються лише три дицукриди: *цукроза, мальтоза і лактоза*. Ці сполуки відповідають формулі $C_{12}H_{22}O_{11}$ і, як ізомери, мають певні відмінності у будові.

4.11.1. Цукроза

Поширення у природі. *Цукроза (буряковий або тростинний цукор)* міститься у коренеплодах цукрових буряків (15-22%), стеблах цукрового очерету (12-15%), у березовому, кленовому і пальмовому соках, плодах і листі багатьох рослин.

Чи відомо вам, що ...

Очеретний (тростинний) цукор був відомий з давніх часів. Перші відомості про нього у Європі пов'язані з Олександром Македонським. Його воїни під час походу в Індію побачили білу солодку речовину, що утворилась при застиганні соку тростини. Тростинний цукор спочатку використовували як ліки.

Тільки у 1747 р. німецький хімік А. Мартграф виділив цукор із соку цукрового буряка. У 1802 р. у Сілезії (Німеччина) під керівництвом К. Акарда збудований перший цукровий завод з виробництва цукру із коренеплодів. Станом на 1828 р у Франції вже нараховувалось 58 цукрових заводів.

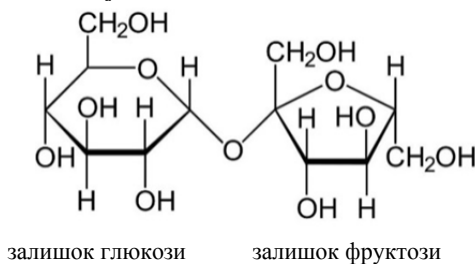
Перший цукровий завод в Україні побудований у 1824 р. в с. Трошин Канівського району, тодішньої Черкаської області.

В наш час шведські хіміки розробили метод добування цукру із кукурудзи і картоплі.

Будова молекули. При взаємодії цукрози з купрум (II) гідроксидом $\text{Cu}(\text{OH})_2$ утворюється яскраво-синій розчин. Нагадуємо, що ця реакція характерна багатоатомним спиртам. Реакцію «срібного дзеркала», яка властива альдегідам, здійснити не вдається.

Якщо розчин цукрози нагріти у кислому середовищі (HCl , H_2SO_4), то утворюються дві різні речовини, одна з яких реагує як з амоніачним розчином аргентум (I) оксиду Ag_2O , так і з купрум (II) гідроксидом $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Інша – тільки з купрум (II) гідроксидом.

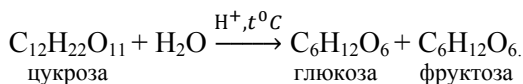
Ці реакції підтверджують, що молекула цукрози складається з двох залишків моноцукридів – глюкози і фруктози, сполучених між собою атомом Оксигену:



Фізико-хімічні властивості. Цукроза – безбарвна кристалічна речовина, розчинна у воді, солодка на смак. Температура плавлення цієї речовини – $184\text{--}185^\circ\text{C}$. Поступає у продаж у подрібненому і пресованому стані.

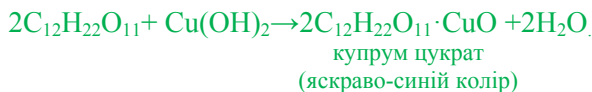
Розглянемо найважливіші хімічні властивості цієї речовини.

● **Реакція гідролізу.** При нагріванні у присутності хлоридної HCl або сульфатної H_2SO_4 кислоти цукроза вступає у реакцію гідролізу:



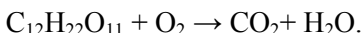
Ця реакція використовується для виробництва штучного меду.

- **Реакція за участю ОН-групи.** Цукроза реагує з гідроксидами металів ($\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ тощо) з утворенням цукратів цих металів. У спрощеному вигляді рівняння реакцій виглядає так:



Реакція з купрум (II) гідроксидом є якісною на цукрозу.

- **Реакція окиснення.** Окисниками можуть слугувати калій перманганат KMnO_4 або ж калій дихромат $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

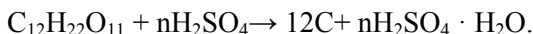


➤ Розставте коефіцієнти у цій хімічній реакції розрахунковим способом.

Чи відомо вам, що ...

... Якщо насипати на грудочку цукру трохи цигаркового попелу і піднести цукор до полум'я, то він займеться і буде горіти з потріскуванням синювато-жовтим полум'ям. Тут попіл є каталізатором.

- **Окиснення концентрованою H_2SO_4 (обвуглення) цукрози**



Добування цукрози. Цукрозу, як правило, добувають з цукрових буряків і цукрового очерету. У процесі виробництва цукроза не зазнає хімічних перетворень, бо вона у готовому вигляді є у природній сировині. Завдання полягає у тому, щоб цукор виділити у чистому вигляді.



Рис. 41. Фрагмент конвеєра цукрового виробництва

Цей процес проходить у декілька стадій.

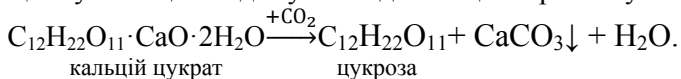
❖ *Попередньо очищені цукрові буряки чи очерет подрібнюють на стружку, розмішують у дифузори і промивають гарячою водою. Разом з цукрозою в екстракт переходять органічні кислоти, розчинні білки тощо.*

❖ *Екстракт обробляють вапняним молоком $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При цьому цукроза, взаємодіючи з кальцій гідроксидом, утворює розчинний у воді кальцій цукрат $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot \text{CaO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Більшість солей Кальцію, що утворюються як продукти взаємодії з органічними кислотами, – нерозчинні у воді і випадають в осад.*

❖ *Крізь розчин кальцій цукрату пропускають карбон (IV) оксид CO_2 .*

Мета – розкласти кальцій цукрат і нейтралізувати надлишок вапняного молока.

При цьому Кальцій осідає у вигляді кальцій карбонату:



➤ *Напишіть рівняння реакції взаємодії кальцій гідроксиду, що перебуває у надлишку з кислотним оксидом CO_2 , назвіть продукти реакції та класи сполук, до яких належать ці продукти.*

❖ *Добутий розчин цукрози фільтрують, упарюють у вакуумних апаратах і центрифугуванням відокремлюють кристали*

цукру. Проте, видалити весь цукор не вдається. Залишається бурий розчин – меляса, який містить 50% цукрози. З меляси добувають харчові кислоти, етиловий спирт, хлібопекарські та кормові дріжджі.



Рис. 42. Готова продукція цукрового виробництва

❖ Цукор-пісок має жовтуватий колір, бо містить барвники. Щоб їх позбутися, цукрозу знову розчиняють у воді і розчин пропускають крізь активоване вугілля (здайте назву процесу поглинання газів, пари чи рідини поверхнею твердого тіла або рідини). Очищений таким способом розчин цукрози знову упарюють і кристалізують.

З кожних 100 кг цукрових буряків добувають 15-18 кг цукру і 2-3 кг меляси.

Подрібнену бурякову стружку після обробки гарячою водою використовують для силосування з послідуочим використанням на корм худобі.

Застосування. Цукроза – цінна поживна речовина. Її широко використовують як харчовий продукт, а також в окремих галузях промислового виробництва. Цукроза слугує:

- ✚ основним джерелом вуглеводів у їжі людини;
- ✚ сировиною у кондитерській промисловості;
- ✚ для виробництва штучного меду;
- ✚ у фармації для виготовлення ліків, мікстур для дітей, сиропів;
- ✚ для добування етанолу, поверхнево-активних речовин, як пластифікатор у виробництві пластмас.

4.11.2. Ізомери цукрози

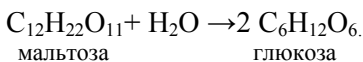
Найпоширенішими ізомерами цукрози є мальтоза і лактоза. Обидві сполуки мають хімічну формулу $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Мальтоза (солодовий цукор) – природний дицукрид, молекула якого складається з двох залишків глюкози.

У великих кількостях міститься у пророслих зернах (солоді) ячменю, жита та інших зернових, виявлена також у помідорах, пилку та нектарі ряду квіткових.

Мальтоза утворюється при неповному гідролізі крохмалю розбавленими кислотами і є основним компонентом крохмальної патоки.

При нагріванні і дії фермента молекула мальтози взаємодіє з водою (реакція гідролізу), при цьому утворюється дві молекули глюкози:



Сполука широко використовується у харчовій промисловості. Мальтоза зброджується дріжджами у етиловий спирт.

Лактоза (молочний цукор) – також вуглевод групи дицукридів, міститься у молоці і молочних продуктах. Отримують з молочної сироватки – відходу при виробництві масла і сиру. У коров'ячому молоці міститься 4-6% лактози.

Лактоза не бере участі у спиртовому бродінні, але під впливом молочних бактерій гідролізується, утворюючи глюкозу і галактозу з наступним зброджуванням проміжних продуктів у молочну кислоту.

✚ Лактоза відіграє важливу роль у виробництві молочнокислих продуктів. Під дією різних мікроорганізмів, що додають у молоко у вигляді заквасок, крім молочної кислоти, одержують лимонну кислоту, етиловий спирт тощо.

✚ При виробництві пеніциліну лактозу використовують як живильне середовище.

Завдання для самоконтролю

1. Дайте визначення дицукридам, назвіть представників цього класу сполук.
2. За допомогою якого хімічного реактиву можна відрізнити цукрозу від глюкози?
3. Які хімічні властивості характерні для цукрози? Напишіть рівняння реакції утворення кальцій сахарату при взаємодії цукрози і гашеного вапна.
4. Назвіть продукти гідролізу цукрози. Запишіть рівняння реакції.
5. Здійсніть перетворення:
а) $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5COOC_2H_5 \rightarrow C_2H_5COOH \rightarrow C_3H_7OH \rightarrow CH_3CH=CH_2 \rightarrow C_3H_8$;
б) цукроза \rightarrow глюкоза \rightarrow етанол \rightarrow вуглекислий газ \rightarrow глюкоза.
6. Назвіть послідовні етапи добування цукру у промисловості.
7. Чим відрізняються один від одного процеси добування глюкози і цукрози у промисловості?
8. Назвіть ізомери цукрози, вкажіть їх практичне значення.
9. Обчисліть об'єм (л) карбон (IV) оксиду, що утворюється у результаті повного окиснення 0,5 моль цукрози (н. у).
10. Яку масу має цукроза кількістю речовини 0,4 моль?
11. У результаті спиртового бродіння глюкози добуто 10 л етилового спирту ($\rho = 0,75$ г/мл, $W = 92\%$). Який об'єм карбон (IV) оксиду при цьому утворюється?

Тестові завдання

1. Визначіть групу вуглеводів, представником яких є цукроза:
а) моноцукриди;
б) дицукриди;
в) трицукриди;
г) поліцукриди.
2. Продуктами гідролізу цукрози є:
а) мальтоза і лактоза;
б) дві молекули глюкози;
в) дві молекули фруктози;
г) глюкоза і фруктоза.
3. Для чого застосовується цукроза:

- а) як поживна речовина;
- б) для добування глюкози;
- в) сировина для добування оцтової кислоти;
- г) для добування крохмалю?

4. Вкажіть підтвердження щодо дицукридів:

- а) не гідролізуються;
- б) утворюються під час гідролізу дві молекули моноцукридів;
- в) складаються з двох моноцукридів;
- г) складаються з кількох тисяч моноцукридів;
- д) складаються з двох амінокслот.

4.12. ПОЛІЦУКРИДИ. КРОХМАЛЬ

Поліцукриди – це високомолекулярні нецукроподібні природні вуглеводи молекули яких складаються з великої кількості залишків молекул моноцукридів.

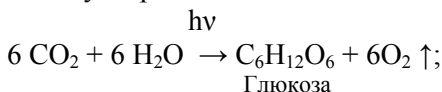
Молекули поліцукридів містять більше 10 моноцукридних залишків і утворюють лінійні та розгалужені ланцюги. Розглянемо поліцукриди, які мають загальну формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$. Серед них найпоширенішим є *крохмаль, целюлоза, глікоген, хітин* тощо.

Кожен з поліцукридів має власні джерела надходження у природу, способи одержання, фізико-хімічні властивості, біологічне значення.

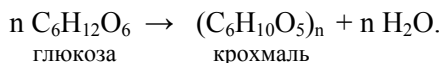
4.12.1. Поширення крохмалю у природі

Крохмаль утворюється унаслідок *фотосинтезу* у хлоропластах зелених рослин за участі фотосинтезуючих ферментів – *хлорофілів* і відкладається про запас у плодах, насінні та вегетативних органах.

Перший етап фотосинтезу – це ряд послідовних біологічних реакцій, пов'язаних з утворенням глюкози:



Глюкоза, що утворюється при цьому, через низку проміжних стадій перетворюється у крохмаль:



Вміст крохмалю у зернах рису досягає 60-80% загальної маси, пшениці – 75%, кукурудзи – 72%, гречки – 50%, бульбах картоплі – 12-24%.

4.12.2. Будова молекули

Макромолекули у крохмалі різні за розмірами і формою. Вони складаються з різної кількості ланок $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ – від кількох сотень до кількох тисяч. А, отже, їх макромолекули мають неоднакову молекулярну масу. Молекули крохмалю відрізняються між собою і за будовою.

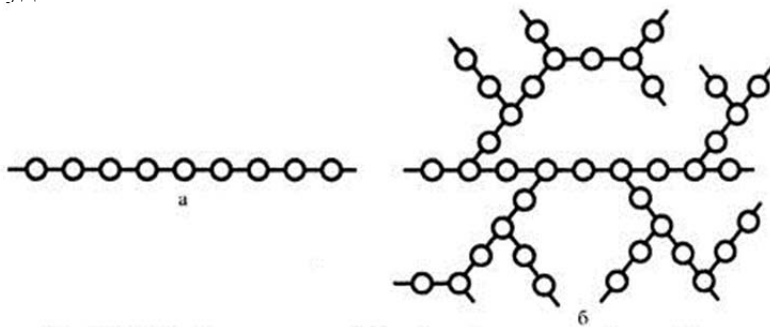
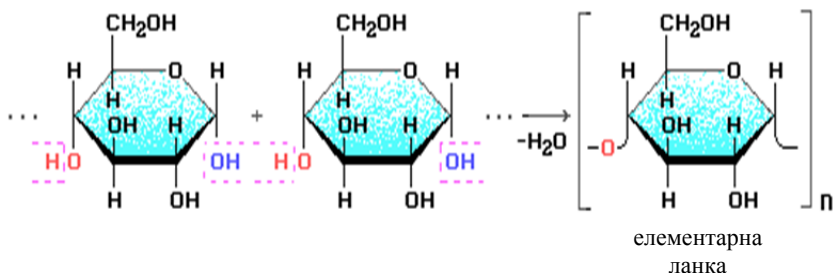


Рис. 43. Будова молекули крохмалю
а – лінійна, б – розгалужена

Одні з них мають *лінійну*, інші – *розгалужену* будову. *Лінійні* молекули нараховують 300-1000 структурних ланок. Їх відносна молекулярна маса становить кілька сот тисяч. Макромолекул лінійної будови нараховують 10-30% від їх загальної кількості.

Розгалужені макромолекули містять 600-5000 структурних ланок. Відносна молекулярна маса макромолекул може досягати кількох мільйонів. Частка таких молекул становить 70-90%.

Учені встановили, що молекули крохмалю складаються із залишків α -глюкози. Процес утворення крохмалю можна подати так:



З реакціями *полімеризації* ми ознайомились при вивченні хімічних властивостей алкенів, зокрема етену (етилену). При утворенні молекул крохмалю з глюкози також утворюється високомолекулярна сполука. Проте, одночасно з утворенням високомолекулярної речовини у цьому випадку ще й утворюється низькомолекулярна сполука – вода. Такі реакції називають реакціями *поліконденсації*.

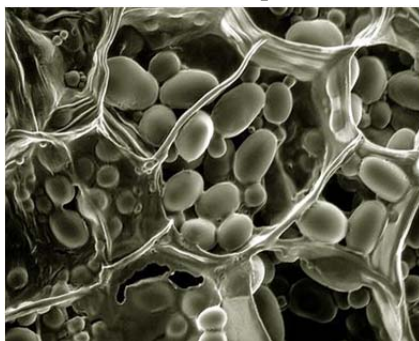


Рис. 44. Крохмаль у клітинах бульби картоплі

Реакціями поліконденсації називають реакції, в результаті яких із низькомолекулярних речовин утворюються полімери з одночасним виділенням низькомолекулярного продукту (води, амоніаку, гідроген хлориду тощо).

4.12.3. Фізико-хімічні властивості

Крохмаль – порошок білого кольору, являє собою аморфну масу, яка нерозчинна у холодній воді. У гарячій воді крохмаль набухає, утворюючи колоїдний розчин (крохмальний клейстер).

Лабораторний дослід № 13

Відношення крохмалю до води

Реактиви і обладнання: крохмаль (порошок), вода, штатив з пробірками, скляна паличка, спиртівка, склянка, пробіркотримач.

У пробірку насипте трішки крохмалю, додайте холодної води. Розмішайте суміш і дайте їй відстоятися. Що спостерігається? Чи розчинився крохмаль у холодній воді?

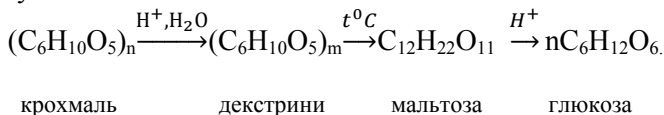
Закип'ятіть воду у склянці. Старанно збовтайте суміш крохмалю і води, виливайте її з пробірки, перемішуючи, у гарячу воду. Що спостерігаєте?

Зробіть висновок про відношення крохмалю до води.

Якщо нагріти крохмальний клейстер з купрум (II) гідроксидом, то осад купрум (I) оксиду Cu_2O червоного кольору не утворюється. Крохмаль також не дає реакції «срібного дзеркала», яка характерна альдегідам і глюкозі.

Якщо ж прокип'ятити крохмальний клейстер з невеликою кількістю сульфатної кислоти H_2SO_4 , нейтралізувати її надлишок і знову провести реакцію з купрум (II) гідроксидом $\text{Cu}(\text{OH})_2$, то утвориться характерний осад купрум (I) оксиду Cu_2O . Таким чином, у кислому середовищі (H^+) крохмаль гідролізується. Речовина, що утворюється при цьому, відновлює купрум (II) гідроксид $\text{Cu}(\text{OH})_2$ до купрум (I) оксиду Cu_2O .

• Отже, крохмаль вступає у реакцію гідролізу. При цьому відбувається розрив зв'язків між залишками α -глюкози. Гідроліз крохмалю має ступінчастий характер. Спочатку утворюються *декстрини* (аналоги крохмалю, проте з меншою молекулярною масою), потім ізомер цукрози – *мальтоза*. Кінцевим продуктом гідролізу є глюкоза:



Перетворення крохмалю у глюкозу відбувається шляхом кількогодинного його кип'ятіння у присутності H_2SO_4 .

Щоб з утвореного розчину вилучити сульфатну кислоту, до нього добавляють крейду. При цьому утворюється кальцій сульфат CaSO_4 , що випадає в осад. Осад відфільтровують. Речовину упарюють. При цьому утворюється густа солодка маса – патока. Щоб отримати чисту глюкозу, кип'ятіння ведуть довше. Розчин згущають до того, поки з нього почнуть випадати кристали глюкози.

● Якщо до охолодженого клейстеру додати розчин йоду, то з'явиться синє забарвлення. При нагріванні воно зникає, а при охолодженні знову з'являється.

Реакція взаємодії крохмалю з йодом, при якій відбувається зміна забарвлення, є якісною на цю речовину.

Капнувши йодом на зріз бульби картоплі або на шматочок білого хліба, також спостерігатимемо появу синього забарвлення.

Лабораторний дослід № 14 **Взаємодія крохмалю з йодом**

Реактиви і обладнання: крохмальний клейстер, спиртовий розчин йоду, пробірки.

З попереднього дослідження розділіть вміст пробірки на дві частини.

До однієї з них додайте краплину йодної настойки. Зафіксуйте зміну забарвлення вмісту пробірки. Після цього нагрійте рідину до кипіння. Що трапилось після доведення розчину до кипіння? Охолодіть пробірку. Що спостерігаєте?

Зробіть висновок про залежність дії індикатора йоду від температури розчину крохмалю.

До другої пробірки з розчином крохмалю додайте свіжоприготовлений купрум (II) гідроксид. Що спостерігаєте? Після цього нагрійте суміш і знову зробіть висновки.

Запишіть усі спостереження, зробіть потрібні висновки.

4.12.4. Добування

- ❖ Найчастіше крохмаль добувають з картоплі. Бульби картоплі миють, подрібнюють, промивають водою і перекачують у чани для відстоювання. Зерна крохмалю при цьому осідають на дно посудини. Добутий крохмаль повторно промивають водою, відстоюють і сушать у струмені теплого повітря.

4.12.5. Застосування крохмалю

Застосування крохмалю різноманітне:

- ✚ як харчовий продукт. У шлунково-кишковому тракті крохмаль розщеплюється до глюкози, яка є основною складовою енергетичного обміну. Надлишок глюкози перетворюється у *глікоген (тваринний крохмаль)*. Глікоген – резервна речовина, яка перетворюється на глюкозу у міру її використання на клітинному рівні;

- ✚ сировина для одержання глюкози, етанолу, декстринів, патоки;



- ✚ у фармацевції для виготовлення антибіотиків, вітамінів, присипок, паст, таблеток і крохмальних капсул для лікарських препаратів;

- ✚ у медицині при деяких порушеннях діяльності травного тракту використовують як обволікаючий засіб;

- ✚ у текстильній, харчовій і легкій промисловостях.

Завдання для самоконтролю

1. Напишіть молекулярну формулу крохмалю.
2. Яка реакція є якісною на крохмаль?
3. Що таке декстрини? Чим зумовлене утворення смачної скоринки на хлібі?
4. Чи проявляє крохмаль відновні властивості?
5. Які продукти утворюються під час гідролізу крохмалю? Напишіть їх структурні формули.
6. Чим пояснити клейкість вареної картоплі?
7. Здійсніть перетворення:
 - а) вуглекислий газ \rightarrow глюкоза \rightarrow крохмаль \rightarrow глюкоза \rightarrow етанол \rightarrow діетиловий етер:
 - б) $(C_6H_{10}O_5)_n \rightarrow C_2H_5OH \xrightarrow{O_2} X_1 \xrightarrow{\text{фотосинтез}} X_2 \xrightarrow{\text{дріжді}} A$.
8. Яка маса крохмалю утвориться у рослині, якщо вона листковою поверхнею поглинає вуглекислий газ об'ємом 13,44 л?
9. Кожен гектар пшениці за літо виділяє в атмосферу біля 15 т кисню. Яка кількість крохмалю утвориться при цьому?
10. Яку масу крохмалю потрібно піддати гідролізу, щоб із добутої глюкози під час молочнокислого бродіння утворилась молочна кислота масою 108 кг? Вихід продукту гідролізу крохмалю дорівнює 80%, продукту бродіння глюкози – 60%.
11. Суміш глюкози і мальтози масою 15,6 г окиснили амоніачним розчином Ag_2O . При цьому утворилась суміш кислот масою 16,57 г. Визначте масову частку кожного компоненту в суміші.

Тестові завдання

1. Як діє на крохмаль гаряча вода:
 - а) розчиняється;
 - б) набухає, утворюючи клейстер;
 - в) не розчиняється?
2. Наведеним формулам речовин відповідають назви:

формули

- 1) $C_6H_{10}O_5$;
- 2) $C_6H_{12}O_6$;
- 3) $C_{12}H_{22}O_{11}$;
- 4) $(C_6H_{10}O_5)_n$;

назви

- а) цукроза;
- б) глюкоза;
- в) крохмаль.

3. Для добування глюкози крохмаль піддають:
- а) окисненню;
 - в) нітруванню;
 - б) галогенуванню;
 - г) гідролізу.
4. Вкажіть твердження щодо поліцукридів (існує кілька правильних відповідей):
- а) є один з класів вуглеводів;
 - б) утворюються під час гідролізу двох молекул моноцукридів;
 - в) складаються із залишків моноцукридів;
 - г) не вступають у реакцію гідролізу;
 - д) утворюють під час гідролізу кілька молекул моноцукридів.

4.13. ЦЕЛЮЛОЗА

Целюлоза (клітковина) – природний полімер (*поліцукрид*), утворений із залишків β -глюкози.

4.13.1. Поширеність у природі

Назва целюлози походить від лат. *celulla* – клітина. Це поліцукрид, з якого побудовані клітинні стінки усіх рослинних організмів. Целюлоза зумовлює механічну міцність і еластичність рослинних клітин і тканин. Клітини *бавовняного* волокна містять 95-98% целюлози від сухої маси, *деревини* 40-50%, *зеленого листя* – до 30%, *трави* – 10-25%. Волокна *льону і коноплі*, як правило, складаються з целюлози. Виробами з майже чистої целюлози є папір і бавовняні тканини.

4.13.2. Будова молекули

Целюлоза, як і крохмаль, – природний полімер. Її молекулярна формула – $(C_6H_{10}O_5)_n$. Виникає природне запитання: якщо обидві речовини мають однаковий хімічний склад, то чому у них різні властивості?

По-перше, макромолекули целюлози і крохмалю відрізняються кількістю структурних ланок. Значення n у целюлозі значно більше,

ніж у крохмалі. Ступінь полімеризації у целюлози сягає від декількох десятків до 40000 (у бавовняного волокна). Відносна молекулярна маса досягає кількох мільонів.

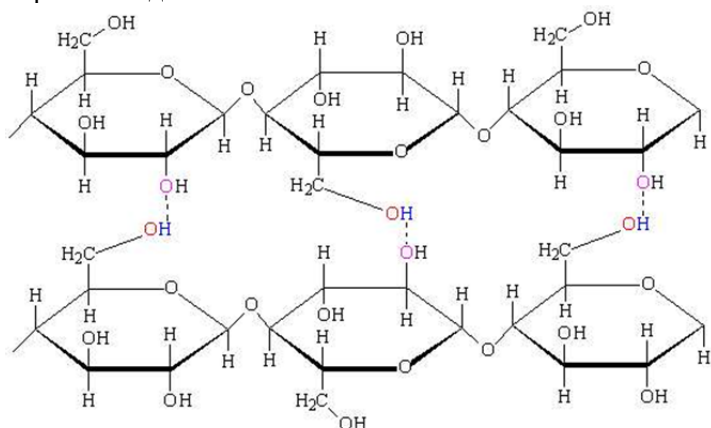


Рис. 45. Орієнтовне розміщення макромолекул целюлози

По-друге, молекули крохмалю мають лінійну і розгалужену структуру, а молекули целюлози – тільки лінійну. У бавовни, льону, коноплі макромолекули орієнтовані в одному напрямку. У процесі прядіння бавовни елементарні волокна сплітаються у довші нитки. Ці нитки з'єднані між собою багатьма водневими зв'язками. При цьому еластичність поєднується з механічною міцністю.

По-третє, макромолекули целюлози побудовані не з залишків α -глюкози, як у крохмалю, а із залишків β -глюкози, зв'язані між собою так званими 1,4-глікозидними зв'язками.



Третя властивість істотно впливає на різницю у властивостях. Так, крохмаль – поживна речовина, цінний харчовий продукт. Целюлоза в організмі людини не може засвоюватись, оскільки

відсутні ферменти, які б гідролізували зв'язки між залишками β -глюкози.

Чи відомо вам, що ...

Багато травоядних тварин (зокрема, жуйні) мають у травному тракті бактерії – симбіотики, які розкладають і допомагають хазяїну засвоювати цей поліцукрид.

4.13.3. Фізико-хімічні властивості

Целюлоза – білий матеріал, що має вигляд волокнистої маси, яка не руйнується при нагріванні до 200°C , не розчиняється у воді та органічних розчинниках, не має солодкого присмаку. Її розчинником є реактив Швейцера – розчин купрум (II) гідроксиду і амоніаку $[\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NH}_4\text{OH}]$, з яким целюлоза реагує одночасно.

Целюлоза містить у кожній моноцукридній ланці три гідроксильні групи OH , тому їх загальну формулу $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ записують

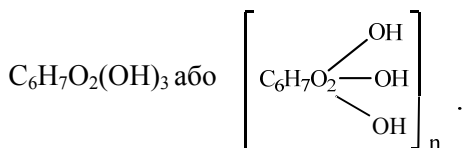
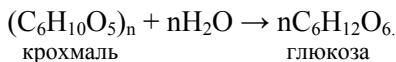


Рис. 46. Целюлоза

• **Гідроліз целюлози.** Процес гідролізу целюлози, подібно до гідролізу крохмалю, відбувається ступінчато. Кінцевою стадією послідовних реакцій є *глюкоза*. Сумарно цей процес можна зобразити так:



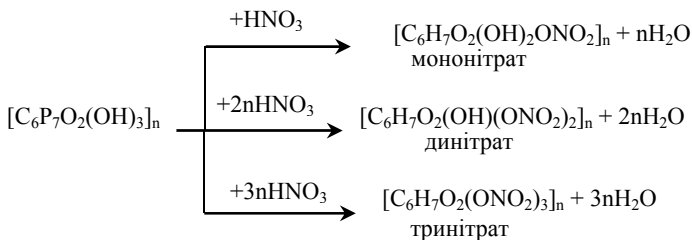
Чи відомо вам, що ...

... Не тільки відходи деревини, а й солома, полова, відходи бавовняного виробництва, малорозкладений торф – все може бути джерелом добування глюкози, етанолу тощо. Так, наприклад, з 1 т сухого торфу добувають 150 л етанолу.

Добуту з деревини глюкозу піддають спиртовому бродінню і одержують *гідролізний спирт*. Як сировину при цьому використовують відходи деревообробної промисловості (тирсу, стружку, кору, гілки). З однієї тони деревини виробляють до 200 л етанолу. Добування гідролізного спирту за такою технологічною схемою дає можливість зекономити 1,5 т картоплі або 0,7 т пшеничного зерна.

- **Нітрування целюлози.** У молекулі целюлози немає ні альдегідної $-\text{CHO}-$, ні карбонільної $-\text{COOH}-$ груп, а є гідроксильні $-\text{OH}-$ групи. Для них характерні *реакції естерифікації*.

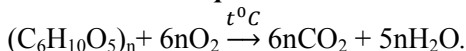
Целюлоза нітрується HNO_3 у присутності сульфатної кислоти. Залежно від кількості нітратної кислоти одержують *моно-, ди- і тринітроцелюлозу*:



- **Взаємодія з оцтовою кислотою.** При взаємодії целюлози з оцтовою кислотою утворюються естери моно-, ди- і триацетатцелюлози.

➤ *Напишіть рівняння реакцій взаємодії целюлози і оцтової (етанової) кислоти з утворенням моно-, ди- і триацетатцелюлози.*

- **Горіння целюлози на повітрі:**



- **Термічний розклад целюлози.**

При нагріванні деревини без доступу кисню повітря відбувається розклад целюлози на *деревне вугілля, метан, метанол, оцтову кислоту, ацетон*.

Чи відомо вам, що ...

Установки для сухої перегонки деревини з метою добування деревного вугілля були відомі давно. Але у лютому 1824 р. на березі чорної річки у Петербурзі спорудили оригінальну піч, за допомогою якої можна було вловлювати усі продукти сухої перегонки деревини.

4.13.4. Застосування целюлози

Целюлоза використовувалась людиною з давніх часів. Її застосування досить різноманітне.

✚ Деревину використовують як будівельний матеріал для виготовлення різноманітних столярних виробів. Вона являється твердопаливним енергетичним ресурсом.

✚ Для добування гідролізного спирту, який має технічне використання.

✚ Суміш *моно-* і *ди-* ацетатів целюлози використовують для виробництва лаків, негорючої кіно- і фотоплівки.

✚ З *моно-*, *ди-* і *три-* ацетатів виготовляють ацетатне волокно, негорючу плівку і органічне скло, яке пропускає ультрафіолетові промені.

✚ Суміш *моно-* і *ди-* нітроцелюлози називають колоксиліном і використовують як нітролак, колодій. З суміші колоксиліну з камфорою виготовляють целулоїд.

✚ *Тринітроцелюлозу* називають піроксиліном і використовують для виробництва бездимного пороху.

✚ Целюлозу у вигляді бавовни і льону використовують для виготовлення ниток і тканин з натуральних волокон. Целюлоза, добута з деревини, йде на виготовлення паперу.

Чи відомо вам, що ...

... У 105 році пекінський придворний чиновник Цой Лунь вперше виготівив папір із волокон коноплі, льону і ганчірок. В той час наймудріші радники китайського імператора не могли передбачити, яку роль у житті людства відіграє папір.

Тепер виготовляють понад 400 типів паперу. Головною сировиною для цього є деревина.

4.13.5. Поняття про штучні волокна

Волокна, які добувають з готових природних полімерів (деревини, бавовняного пуху) шляхом їх хімічної переробки, називаються штучними.

Технологічний процес виробництва штучних волокон складається з таких стадій:

1. Приготування в'язкого розчину чи розплаву полімеру.
2. Формування волокна.
3. Текстильна обробка добутих волокон.

Ознайомимось з технологією виробництва штучних волокон на прикладі ацетатного волокна.

Сировиною для виробництва цього волокна слугує целюлоза, виділена з деревини або бавовняний пух, що залишається на насінні бавовнику після видалення з нього волокон бавовни.

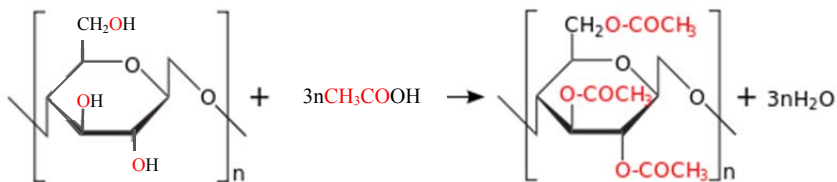
Завдання полягає у тому, щоб лінійні молекули целюлози розмістити паралельно вздовж осі утворюваного волокна. Для цього, насамперед, потрібно відокремити молекули одну від одної, зробити їх рухливими, здатними до переміщення.

Розплавити целюлозу неможливо: при нагріванні вона руйнується. Щоб зробити цю речовину рухливою, потрібно її розчинити у органічних розчинниках.

Спочатку целюлозу обробляють оцтовою кислотою (частіше

оцтовим ангідридом $\text{CH}_3\text{—C}\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}\text{—C—CH}_3$) у присутності сульфатної

кислоти H_2SO_4 , добуваючи при цьому триацетатцелюлозу:



Триацетатцелюлозу розчиняють у суміші дихлорометану CH_2Cl_2 і етанолу $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. При цьому утворюється в'язкий розчин, у якому макромолекули триацетатцелюлози стають рухливими. Їх вже можна розміщувати у потрібному напрямку (див. рис. 47).

Утворений розчин про-
давляють через *фільтри* –
ковпачки з численними отворами
малого діаметру. Струмини
розчину опускають у шахту.
Протитечією подається нагріте
повітря. Розчинник при цьому
випаровується, розчин застигає,
перетворюючись у волокна, з
яких виготовляють тонкі нитки.
Методом прядіння з ниток
виготовляють ацетатний шовк.

Ацетатне волокно міцне,
м'яке, мало збігається, після
прання має приємний блиск.

Основний недолік – накопичує *статичні електричні заряди* і *мени гігроскопічне*, ніж *природні волокна*.



Рис. 48. Тканини із ацетатного
волокна

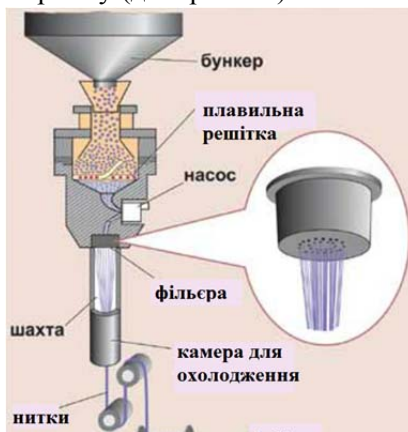


Рис. 47. Схема формування
ацетатного волокна

З ацетатного волокна
виготовляють дитячий одяг,
білизну, чоловічі сорочки тощо.

Вперше таку тканину добув
француз Шардоне у 1889 р. у
Парижі.

До штучних волокон відно-
сять так званий *віскозний шовк* та

шпатель. Ці нитки також добувають з деревини, але використовують інші технології виробництва і інші розчинники.


4.13.6. Біологічне значення вуглеводів

Вуглеводи – головна частина харчового раціону людини. Їх добова потреба для працюючих понад 350 г. Це втричі більше, ніж білків та рослинних і тваринних жирів. Засвоєння вуглеводів організмами сягає 85-98%.


Вуглеводи починають гідролізувати під впливом ферментів вже у ротовій порожнині. Повний їх гідроліз завершується у кишківнику під впливом ферментів підшлункової залози.

Через ворсинки кишківника моноцукриди потрапляють у кров і транспортуються в органи і тканини, залежно від потреб пластичного і енергетичного обміну. Вам вже відомо, що надлишок моноцукридів відкладається у печінці і м'язах про запас у вигляді тваринного крохмалю – глікогену.

Серед різноманітних функцій вуглеводів – енергетична, будівельна, транспортна, захисна і інші.


 **Енергетична функція.** Вуглеводи відіграють важливу роль в енергетичному обміні. При розщепленні 1 г поліцукридів до моноцукридів виділяється 17,6 кДж теплової енергії. За рахунок цих сполук забезпечується біля 50% енергії, потрібної організму.

Живі організми використовують цю енергію для забезпечення різних процесів життєдіяльності: *хімічних, механічних, електричних, теплових* тощо.

 **Будівельна функція.** Поліцукриди входять до складу багатьох структур. Так, нітрогеновмісний поліцукрид хітин міститься у клітинній стінці грибів та зовнішньому скелеті членистоногих.

До складу надмембранних структур тваринних клітин і прокаріотів входять вуглеводи, які пов'язані з білками та ліпідами.

Сполуки вуглеводів з білками входять до складу рідини, яка забезпечує рухливість суглобів.

 **Захисна функція.** Відомий поліцукрид гепарин запобігає зсіданню крові, знижує рівень концентрації у ній цукру, підвищує проникність кровоносних судин.

Окремі поліцукриди здатні зв'язувати токсини та радіонукліди.



Завдання для самоконтролю

1. Напишіть молекулярну формулу целюлози.
2. Які продукти утворюються внаслідок гідролізу целюлози?
3. Чому метанол ще називають деревним (древесним) спиртом?
4. Здійсніть перетворення:
 - а) целюлоза \rightarrow глюкоза \rightarrow етанол \rightarrow оцтова кислота;
 - б) крохмаль \rightarrow глюкоза \rightarrow А \rightarrow етилен \rightarrow карбон (IV) оксид;
 - в) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{HCHO} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_4$.
5. З целюлози можна добути метанол і етанол. Чим відрізняються процеси утворення цих спиртів?
6. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення:



7. З 200 г фільтрувального паперу під час гідролізу у присутності концентрованої хлоридної кислоти добули 86 г глюкози. Яка масова частка виходу глюкози?
8. Скільки глюкози було піддано спиртовому бродінню, якщо при цьому виділилось стільки газу, скільки його утвориться при повному згорянні 32 г метану?

9. При згорянні речовини масою 3,42 г виділився карбон (IV) оксид масою 5,28 г і вода масою 1,98 г. Виведіть формулу речовини, якщо її молекулярна маса 342.

Тестові завдання

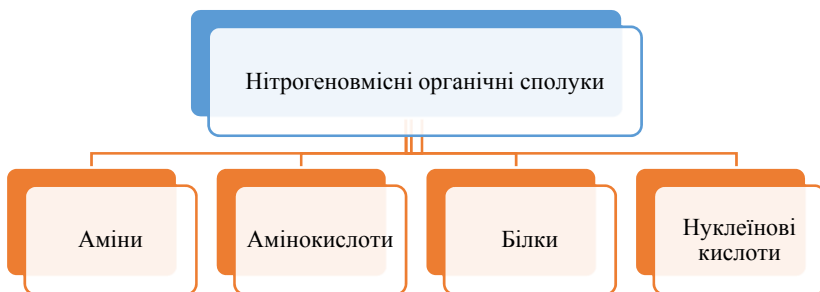
1. Целюлоза відрізняється від крохмалю тим, що:
 - а) містить лише розгалужені молекули;
 - б) ступінь полімеризації і відносна молекулярна маса целюлози більші, ніж у крохмалю;
 - в) складається з молекул розгалуженої та лінійної будови;
 - г) являється низькомолекулярною сполукою.
2. Внаслідок гідролізу целюлози утворюється:
 - а) фруктоза;
 - б) α -глюкоза;
 - в) сахароза;
 - г) β -глюкоза.
3. Для добування ацетатного волокна целюлозу піддають:
 - а) нітруванню;
 - б) гідролізу;
 - в) ацетилюванню;
 - г) окисненню.
4. Вкажіть речовини, які не дають реакції «срібного дзеркала»:
 - а) глюкоза, фруктоза, целюлоза;
 - б) цукроза, крохмаль, фруктоза;
 - в) мальтоза, цукроза, глюкоза;
 - г) глюкоза, етанол, пропаналь.

Розділ 5. НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

До цього класу органічних сполук, крім вже відомих вам *Карбону*, *Гідрогену* і *Оксигену*, входять атоми ще одного так званого органічного хімічного елемента – *Нітрогену*. Ці сполуки відіграють важливу роль у природі і мають велике народно-господарське значення.

Серед нітрогеновмісних сполук найпоширенішими є:

Схема 10



5.1. АМІНИ

Амінами називаються похідні амоніаку NH_3 , у молекулах яких один, два або усі три атоми Гідрогену заміщені вуглеводневими радикалами.

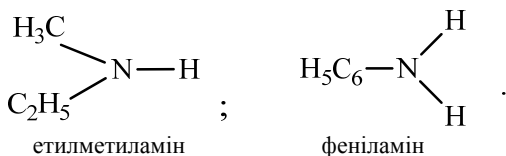
NH_2 – функціональна група, характерна для амінів і має назву *аміногрупа*.

Назви амінів утворюють від назв вуглеводневих радикалів з додаванням суфікса **-амін**, наприклад:

метиламін

диметиламін

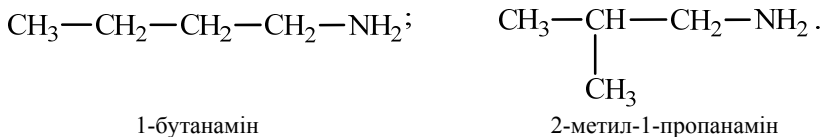
триметиламін



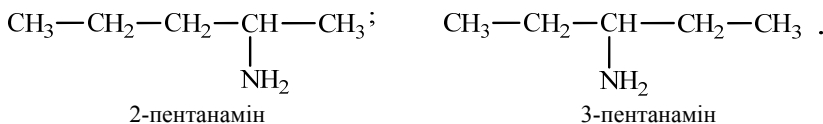
5.1.1. Ізомерія амінів

Відомо декілька видів ізомерії цього класу органічних сполук. Серед них:

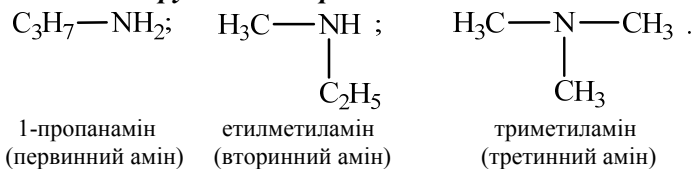
Ізомерія карбонового скелета



За місцем аміногрупи NH₂

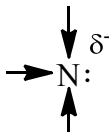


Міжгрупова ізомерія

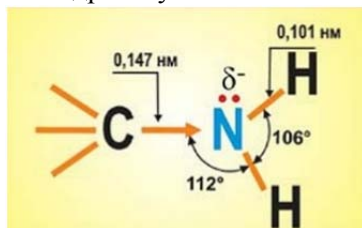


5.1.2. Порівняльна будова молекули амоніаку і амінів

Атом Нітрогену, що входить до складу амоніаку, притягує до себе електронні хмари від трьох атомів Гідрогену:



У молекулі метиламіну атом Нітрогену притягує електронні хмари від п'яти атомів Гідрогену:



При цьому, молекула метиламіну набуває більшого негативного заряду і сильніше притягує до себе протони (H^+). Ось чому аміни є сильнішими основами у порівнянні з амоніаком.



Рис. 49. Модель молекули метиламіну

5.1.3. Поширення у природі. Фізичні властивості

Аміни – продукти життєдіяльності рослин і тварин (розсоли оселедців та капусти, екскременти птахів, трупні отрути тощо). Біогенні аміни, наприклад, *тіамін*, міститься у багатьох сортах сиру, дріжджах; *норадреналін* – у бананах і винограді; *серотонін* – у ананасах, сливах, помідорах.

Фізичні властивості амінів змінюються залежно від величини їх відносних молекулярних мас. Перші чотири представники гомологічного ряду – гази, далі кілька сполук – рідини, вищі аміни – тверді речовини.

Перші аміни мають різкий амоніачний запах, добре розчинні у воді. Середні гомологи з різким рибним запахом. Вищі аміни без запаху, нерозчинні у воді. Ароматичні аміни – безбарвні рідини з високою температурою кипіння або тверді речовини.

Розчинні сполуки змінюють колір індикаторів. Температури кипіння вищі, ніж у відповідних вуглеводнів. Різниця зумовлена наявністю водневих зв'язків між молекулами амінів або ж між молекулами амінів і водою (див. схеми 11 і 12).

Схема 11

Міжмолекулярні водневі зв'язки

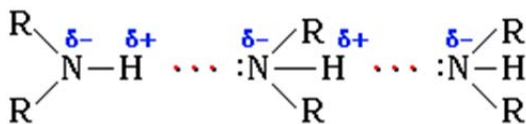
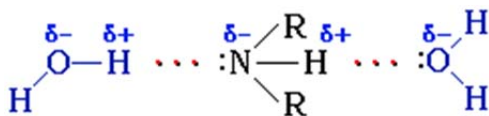


Схема 12

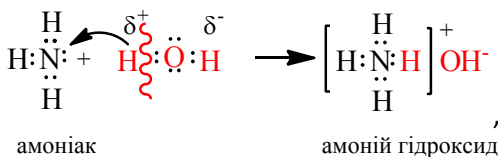
Водневі зв'язки між молекулами амінів і водою



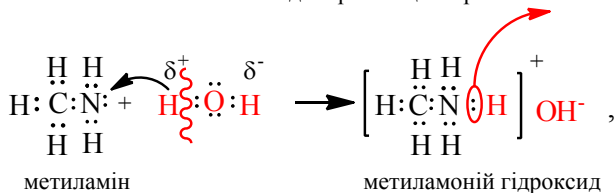
5.1.4. Хімічні властивості

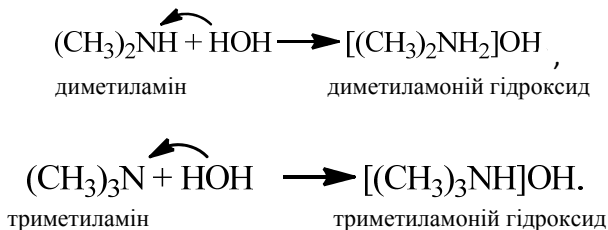
- Взаємодія амінів з водою**

Розглянемо цю властивість амінів у порівнянні з відношенням до води молекули амоніаку:



донорно-акцепторний зв'язок





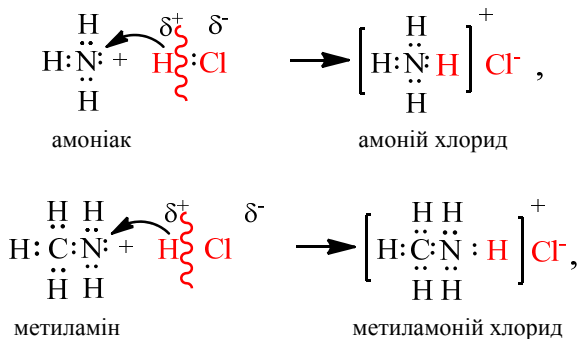
З рівняння реакції видно, що аміни приєднують протон у місці вільної електронної пари. Це зумовлює нагромадження гідроксид-йонів OH^- у розчині і, як наслідок, лужну реакцію.

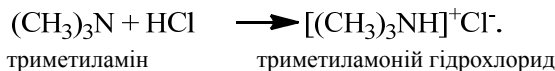
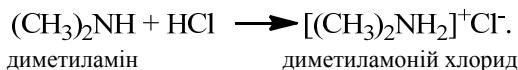
➤ Дайте визначення поняттям: «донор», «акцептор» та «донорно-акцепторний зв'язок». У рівнянні реакції взаємодії метиламіну з водою назвіть донора і акцептора.

Отже, аміни – органічні основи. Зі збільшенням довжини вуглеводневого радикала їх основні властивості послаблюються. У вищих амінів вони зовсім не проявляються.

• Взаємодія з мінеральними кислотами

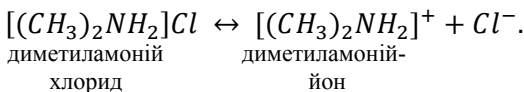
Основні властивості дають можливість амінам взаємодіяти з сильними мінеральними кислотами (назвіть їх), що призводить до утворення солей. Ця реакція аналогічна до вивчених вами реакцій амоніаку і також полягає у приєднанні протона:





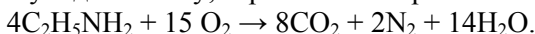
Солі амінів – тверді кристалічні речовини, добре розчинні у воді і нерозчинні у неполярних органічних розчинниках (*наведіть приклади таких розчинників*).

Водні розчини солей амінів проводять електричний струм, добре дисоціюють на йони:



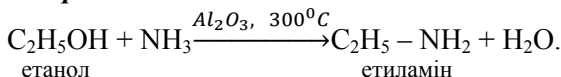
● **Реакції горіння амінів**

Аміни, на відміну від амоніаку, горять на повітрі:



5.1.5. Способи добування

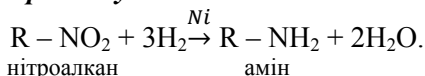
❖ **Взаємодія спиртів з амоніаком**



Якщо спирт у цій реакції перебуває у надлишку, то при його подальшій взаємодії з добутим продуктом утворюються *вторинний і третинний амін*.

➤ *Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій.*

❖ **Взаємодія нітросполук з воднем** в момент його виділення.



Каталізатором у цій реакції, крім Ніколу, можуть слугувати Платина Pt або Паладій Pd.

5.1.6. Застосування амінів

Перші представники гомологічного ряду амінів метиламін і диметиламін використовують для синтезу деяких реактивів, фунгіцидів, інсектицидів, прискорювачів вулканізації каучуків, поверхнево-активних речовин, лікарських препаратів;

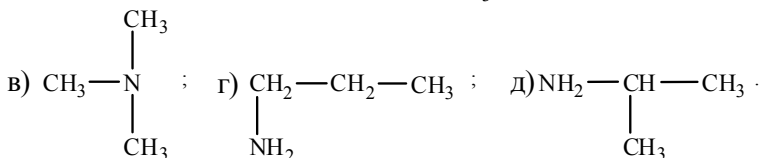
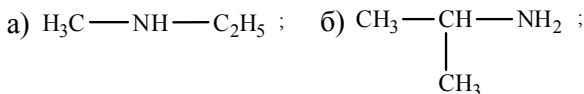
Триметиламін і його похідні – при синтезі кормових домішок, бактерицидів («катіонне мило») тощо;

Окремі похідні (гексаметилендіамін) – для виробництва синтетичного волокна нейлону, що випускається у вигляді ниток, штапелю і використовується у текстильній промисловості для виготовлення різноманітних швейних виробів, а також конвеєрних пасів, корду літаків тощо.



Завдання для самоконтролю

1. Які сполуки називаються амінами? За якими принципами вони класифікуються? Наведіть приклади амінів різних груп.
2. Напишіть електронну і структурну формули етиламіну.
3. Напишіть структурні формули усіх ізомерів амінів складу:
а) C_3H_9N ; б) $C_5H_{13}N$. Назвіть їх.
4. Назвіть сполуки:



5. Напишіть рівняння реакцій між метиламіном і речовинами: HCl , H_2SO_4 , O_2 . Назвіть продукти реакції.
6. Запишіть рівняння реакцій для здійснення таких перетворень:
 $H_2C=CH_2 \rightarrow A \rightarrow CH_3-CH_2-NO_2 \rightarrow B \rightarrow (C_2H_5)_2NH$.
7. Який об'єм кисню потрібен для спалювання метиламіну об'ємом 12,5 л?
8. Обчисліть об'єм метиламіну, що містить 4% домішок, якщо при його спалюванні виділився азот об'ємом 9,8 л (н. у.).

9. Для нейтралізації водного розчину метиламіну об'ємом 20 мл витрачено 0,1 М розчин хлоридної кислоти об'ємом 12,3 л. Яка масова частка метиламіну в розчині, якщо його густина 1,05?

Тестові завдання

1. Виберіть характеристику молекул первинних амінів:
- а) містять однакові вуглеводневі радикали;
 - б) містять один вуглеводневий радикал, сполучений з аміногрупою;
 - в) містять два вуглеводневі радикали, сполучених з групою атомів NH₂;
 - г) містять три вуглеводневих радикали, сполучених з Нітрогеном.
1. З яких сполук можна добути етиламін:
- а) пропану;
 - б) етилового спирту;
 - в) хлоретану;
 - г) сульфатної кислоти?
2. Виберіть та розташуйте послідовно реагенти, необхідні для здійснення перетворення:
- $$\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 \rightarrow [\text{CH}_3\text{NH}_3]\text{Cl}:$$
- а) NH₃ (надл.);
 - б) Cl₂ (водн.);
 - в) NaCl;
 - г) HCl;
 - д) Cl₂; hν;
 - е) H₂; Pt.
3. Виберіть твердження щодо органічної сполуки з відносною густиною пари за воднем 46,5, при спалюванні 2,3 г якої утворилось 3,324 л карбон (IV) оксиду (н. у.), 1,558 г води і азот:
- а) молекулярна формула сполуки C₆H₅NH₂;
 - б) молекулярна формула сполуки CH₃NH₂;
 - в) сполука є первинним аміном;
 - г) відносна густина пари цієї речовини за повітрям = 3,2;
 - д) молекулярна маса речовини – 23,25 г/моль.

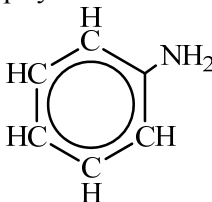
5.2. АНІЛІН

Анілін ($C_6H_5NH_2$) – похідне бензену, у молекулі якого один атом Гідрогену заміщений аміногрупою NH_2 .

Можливе і інше визначення, яке використовується для визначення амінів насиченого ряду.

Анілін – похідне амоніаку, у молекулі якого один атом Гідрогену заміщено радикалом феніл.

Амін – найпростіший представник так званих ароматичних амінів. Його структурна формула



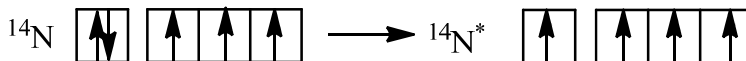
5.2.1. Фізичні властивості

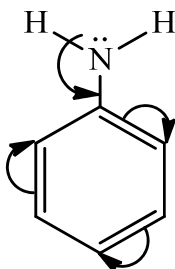
Анілін – безбарвна, оліїста, висококип’яча рідина ($+184^\circ C$) зі слабким характерним запахом. Він дещо важчий за воду, малорозчинний у ній, проте добре розчиняється в органічних розчинниках (*етанолі, диетиловому етері, бензені*).

На повітрі і на світлі темніє внаслідок енергійного окиснення киснем повітря. **Амін дуже отруйна речовина.**

5.2.2. Хімічні властивості

У молекулі аніліну неподільна електронна пара атома Нітрогену, перебуваючи у стані *sp*-гібридизації, вступає у взаємодію з π -електронною системою бензенового кільця:

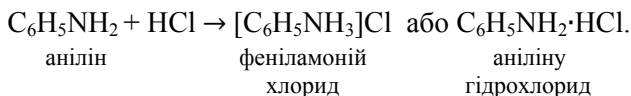




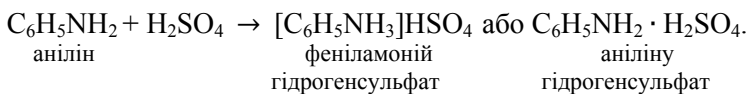
Результатом такої взаємодії є зміщення цієї пари до бензенового ядра. Як наслідок цього, у Нітрогену зменшується електронна густина, слабше зв'язується протон (йон Гідрогену H^+) і менше утворюється вільних OH -йонів. Ось чому анілін слабша основа, ніж аміни насиченого ряду і амоніак.

Його розчин не змінює забарвлення лакмусу. Проте, при взаємодії з сильними мінеральними кислотами анілін, подібно до амінів насиченого ряду, утворює солі.

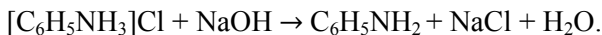
- **Взаємодія з кислотами**



При взаємодії аніліну з сульфатною кислотою утворюється лише кисла сіль:



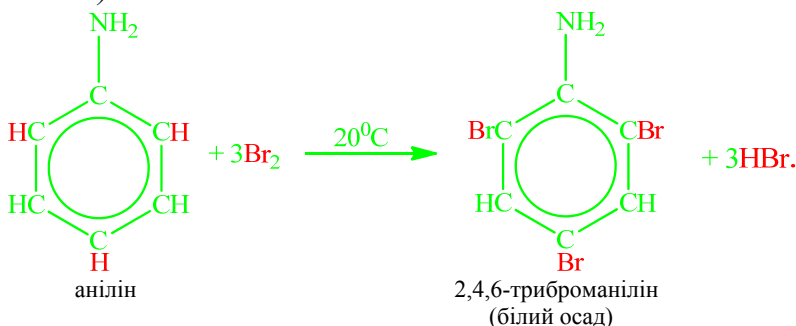
Феніламоній хлорид добре розчинний у воді. Якщо до такого розчину додати надлишок лугу, то анілін знову відновлюється у вільному стані:



- **Взаємодія з бромною водою**

Значний вплив на бензенове ядро має аміногрупа NH_2 . Це проявляється у збільшенні електронної густини і, як наслідок, рухливості атомів Гідрогену, у порівнянні з бенzenом, у положеннях 2, 4, 6 (*орто*- і *пара*-положеннях). Тому активність його похідних у реакціях заміщення в ароматичному ядрі зростає.

При взаємодії аніліну з бромною водою утворюється білий осад триброманіліну (згадайте, що бром у водному розчині не реагує з бенzenом):



Реакція взаємодії аніліну з бромом є якісною на цю сполуку. Цю реакцію використовують не тільки для якісного, але і кількісного визначення броду у молекулі органічних речовин.

Отже, на прикладі аніліну ми черговий раз спостерігаємо взаємний вплив атомів у молекулах органічних речовин, про що висловився в одному з положень теорії хімічної будови О. М. Бутлеров.

➤ Згадайте, вплив якої групи атомів на підвищення реактивної здатності бензенового ядра ми встановили раніше подібним способом.

- **Окиснення аніліну**

Унаслідок впливу аміногрупи NH_2 на зменшення активності бензенового ядра, анілін через ряд послідовних реакцій легко окиснюється хромовою сумішшю ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ конц.). При цьому утворюється чорний осад, який ще називають **чорним аніліном**.

З хлорним вапном $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ анілін дає характерне фіолетове забарвлення. Це одна з найбільш чутливих якісних реакцій на анілін.

5.2.3. Способи добування

Анілін та інші аміни ароматичного ряду добувають за допомогою реакції, яку запропонував у 1842 р. знаменитий російський хімік М. М. Зінін.

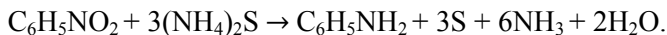


**Микола Миколайович Зінін
(1812-1880)**

російський хімік-органік

Академік Петербурзької академії наук, перший президент Російської фізико-хімічної спілки. Відкрив спосіб добування аніліну. Синтезував багато інших сполук — продуктів відновлення нітробензену; роздобув у співавторстві спосіб отримання і використання сильної вибухової речовини нітрогліцеролу.

❖ **Реакція Зініна** — це метод добування аніліну з нітробензену. Як відновник М. М. Зінін використав амоній сульфід:

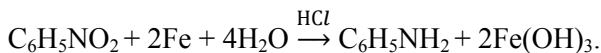


У подальшому ми розглянемо промислове значення цього відкриття.

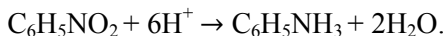
Чи відомо вам, що ...

Президент німецького хімічного товариства, засновник німецької анілінофарбної промисловості А. В. Гофман, закінчуючи промову присвячену пам'яті М. М. Зініна (1880 р.), відмітив: «...якби Зінін не зробив нічого більше, крім перетворення нітробензену в анілін, то й тоді його ім'я залишилось би записаним золотими буквами в історії хімії»

Дещо пізніше, при добуванні аніліну як відновник почали використовувати **чавунні стружки у присутності надлишку концентрованої хлоридної кислоти**:



❖ Останнім часом анілін добувають, пропускаючи *суміші парів нітробензену і водню над каталізатором, при температурі 300° С* :



5.2.4. Застосування аніліну. Вплив аніліну на людину

✚ 85% аніліну використовують для виробництва анілінових похідних і, у першу чергу, *поліуретанів*. Поліуретани відносяться до синтетичних еластомерів і застосовуються у промисловості завдяки широкому діапазону міцності.

Вироби з них використовують як замітники гуми при виробництві виробів, що працюють у агресивних середовищах, в умовах великих змінних навантажень і температур. Їх діапазон робочих температур від -60 до +80° С.

✚ На основі похідної аніліну – сульфанілової кислоти синтезовано біля 6000 *сульфанілопохідних лікарських препаратів*. Ці сполуки є першими хіміотерапевтичними протибактеріальними засобами широкого спектру дії.

✚ 9% аніліну використовують на виробництво синтетичних каучуків.

✚ Понад 2% світового виробництва аніліну використовують на виробництво *барвників (аніліну чорного, індиго, фуксину), індикатора метилового оранжевого*.

✚ Приблизно стільки ж цієї сполуки йде на виробництво хімічних засобів захисту рослин (*гербіцидів*), *вибухових речовин, фото-проявників* тощо.

Анілін потрапляє в організм людини у вигляді парів, а також крізь шкіру і слизові оболонки.

Його поява може спричинити кисневе голодування за рахунок утворення в організмі метгемоглобіну, вплинути на центральну нервову систему, а при хронічному отруєнні – змінити структуру еритроцитів та викликати важке захворювання печінки – гепатит.

При появі симптомів отруєння необхідна кваліфікована медична допомога.



Рис. 50. Поліуретанові еластомери



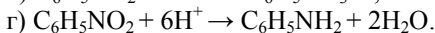
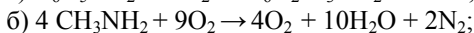
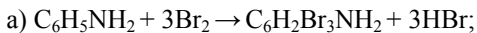
Завдання для самоконтролю

1. Напишіть рівняння реакцій одержання аніліну.
2. Напишіть схеми утворення π - і σ -зв'язків у молекулі аніліну.
3. Чому анілін проявляє основні властивості?
4. Порівняйте хімічні властивості аніліну і метиламіну. Яка із цих сполук проявляє сильніші основні властивості? Поясніть чому?
5. Допишіть рівняння таких хімічних реакцій:
 - а) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \dots$;
 - б) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \dots + \dots$;
 - в) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$;
6. Здійсніть перетворення:
Метан \rightarrow етин \rightarrow бензен \rightarrow нітробензен \rightarrow анілін \rightarrow 2,4,6-трибром-анілін.
7. Складіть електронний баланс та урівняйте рівняння окисно-відновної реакції за наведеною схемою:
$$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{95^\circ\text{C}} \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4$$
8. При відновленні 30,75 г нітробензену добули 44 г аніліну. Визначте масову частку виходу аніліну.
9. Яку масу нітробензену потрібно відновити воднем, щоб одержати 25 кг феніламіну, якщо масова частка виходу продукту цієї речовини становить 85%?
10. У цех по виробництву аніліну надійшов бензен об'ємом 24 м³ і густиною 0,88 кг/л. Яка маса аніліну може бути отримана, якщо його вихід становить 75%?

Тестові завдання

1. З яких сполук реакцією відновлення добувають анілін:
 - а) бензену;
 - б) циклогексану;
 - в) нітробензену;
 - г) толуену.
2. У які реакції за ароматичним ядром вступає анілін:
 - а) заміщення у положеннях 3, 5;
 - б) заміщення у положеннях 2, 4, 6;
 - в) заміщення у положенні 1.

3. Встановіть рівняння реакції, яка в органічній хімії відома під назвою *реакція Зініна*:



4) Виберіть твердження щодо ароматичного аміну, якщо на його добування шляхом відновлення було затрачено 27,8 г нітробензену, а вихід реакції складає 95%;

а) молекулярна формула $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$;

б) молекулярна формула CH_3NH_2 ;

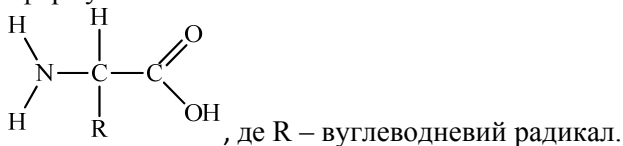
в) маса одержаного аміну 21 г;

г) маса одержаного аміну 20 г.

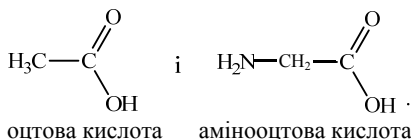
5.3. АМІНОКИСЛОТИ

Амінокислоти – органічні сполуки – похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться одночасно аміногрупа – NH_2 і карбоксильна група – COOH .

Загальна формула амінокислот



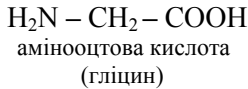
Ці сполуки розглядають як **похідні карбонових кислот, у яких один або декілька атомів Гідрогену заміщені на аміногрупу $-\text{NH}_2$.**



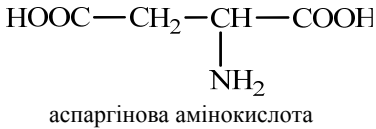
5.3.1. Класифікація амінокислот

Залежно від числа карбоксильних груп – COOH:

а) Монокарбонові амінокислоти

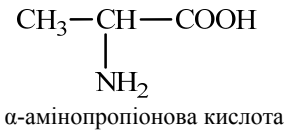


б) Дикарбонові амінокислоти

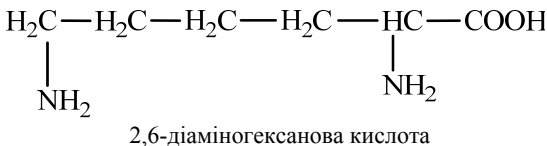


Залежно від числа аміногруп –NH₂:

а) Моноамінокислоти



б) Діамінокислоти



5.3.2. Номенклатура і ізомерія

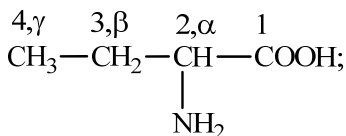
Відомо понад 80 різних амінокислот. Проте, лише 20 з них являються основними, оскільки входять до складу майже усіх білків.

Назви частини з них за **тривіальною номенклатурою** пов'язані з джерелами, з яких вперше було виділено сполуку. Так, наприклад, *аспаргін* виділений зі спаржі, *глутамін* – з глютину пшениці, *тирозин* – із сиру (сир від грецького – tyros). Окремі з амінокислот

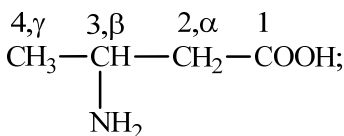
називають історичними назвами, що дані їм при відкритті (*аргінін*, *лізин*), або базуються на деяких їх властивостях (наприклад, *гліцин* від грецького *glykos* – солодкий).

Для скороченого запису основні амінокислоти, за навеликим винятком, позначають трибуквенним кодом, використовуючи перші три літери тривіальної назви: аланін (Ала), аргінін (Арг), валін (Вал), лізин (Ліз), тирозин (Тир) тощо.

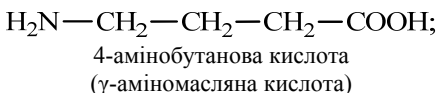
За **систематичною номенклатурою** назви амінокислот утворюються від назв відповідних карбонових кислот з додаванням префікса *аміно-*. Крім того, вживаються назви, у яких місця аміногрупи позначаються буквами грецького алфавіту (α -альфа, β -бета, γ -гама, δ -дельта, ϵ -епсілон і т. д.). Нумерація розпочинається від першого атома Карбону за карбоксильною групою $-\text{COOH}$:



2-амінобутанова кислота
(α -аміномасляна кислота)



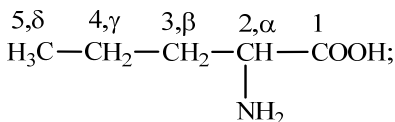
3-амінобутанова кислота
(β -аміномасляна кислота)



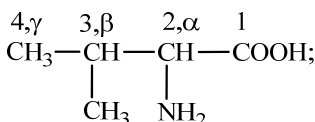
Карбоксильна група $-\text{COOH}$ завжди пишеться на кінці молекули, місце аміногрупи $-\text{NH}_2$ може змінюватися.

Ізомерія амінокислот обумовлена будовою карбонового ланцюга та місцем функціональної аміногрупи у ланцюгу.

Ізомерія, обумовлена будовою карбонового ланцюга

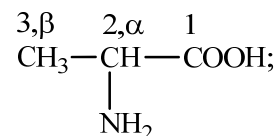


2-амінопентанова кислота
(α -аміновалеріанова кислота)

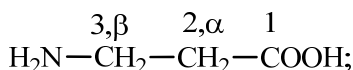


2-аміно-3-метилбутанова кислота
(α -аміноізомасляна кислота)

Ізомерія, обумовлена положенням аміногрупи



α -амінопропіонова кислота



β -амінопропіонова кислота

5.3.3. Фізико-хімічні властивості

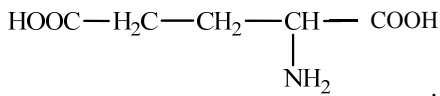
Амінокислоти – тверді, без кольору органічні речовини, добре розчинні у воді, проте малорозчинні в органічних розчинниках, мають високі температури плавлення (220-250° С). Багато з них солодкі на смак.

Залежно від співвідношення функціональних груп, що входять до складу молекули, амінокислоти можуть мати нейтральне, слаболужне або слабокисле середовище.

Розчини амінокислот, молекули яких містять по одній аміно- і карбоксильній групі, *нейтральні*:

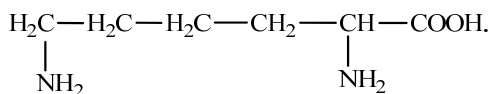
(амінооцтова кислота – $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$).

Якщо амінокислота містить дві карбоксильні групи –COOH і одну аміногрупу –NH₂ (наприклад, глутамінова кислота)



то її водний розчин *слабокислий*.

У молекулі лізину переважають аміногрупи:

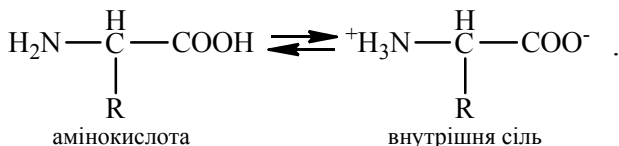


Отже, водний розчин цієї сполуки *слаболужний*.

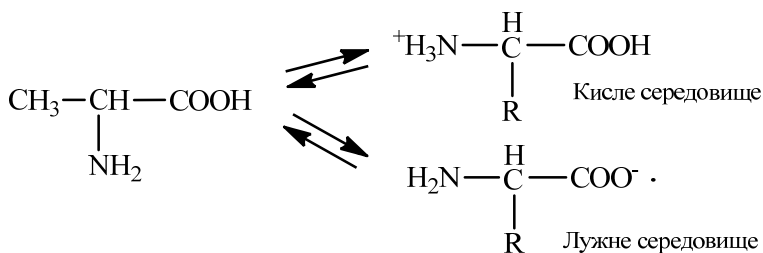
• Утворення внутрішніх солей

У нейтральних водних розчинах амінокислот карбоксильна група COOH відщеплює йон H⁺, який приєднується до аміногрупи –NH₂.

При цьому утворюється так звана *внутрішня сіль*, яка існує у вигляді *біполярних* йонів:

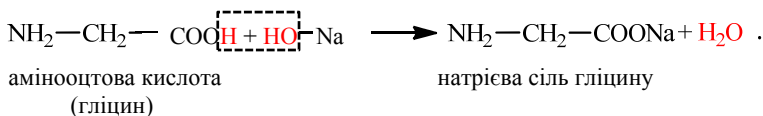


Біполярні йони поведуться як *амфотерні сполуки*:

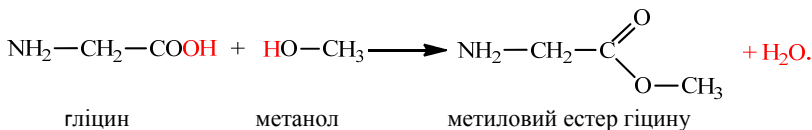


Амфотерні властивості проявляють й самі амінокислоти. Як сполуки, яким характерні кислотні властивості, вони взаємодіють з основами з утворенням солей і спиртами з утворенням естерів.

- **Взаємодія кислот з лугами**

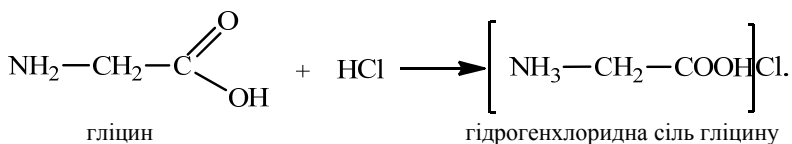


- **Взаємодія амінокислот з спиртами**



- **Взаємодія амінокислот з мінеральними кислотами**

Як основи амінокислоти взаємодіють з мінеральними кислотами з утворенням солей

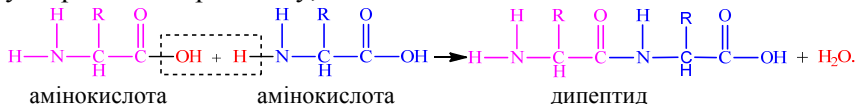


Молекули амінокислот можуть реагувати між собою. Така властивість пояснюється тим, що основні і кислотні властивості у них представлені різними групами атомів (*уточніть їх назви і формули*).

• Реакції за участі обох функціональних груп

Молекули α-амінокислот можуть вступати в реакцію між собою, утворюючи сполуки, у яких залишки амінокислот з'єднуються так

званим *пептидним зв'язком* $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}\text{—}\overset{\text{H}}{\text{N}}\text{—}$. Продукти реакції, що утворюються при цьому, називають *пептидами*:



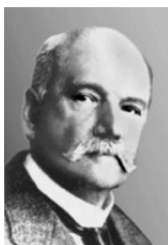
Якщо у взаємодію вступають дві молекули амінокислоти, утворюється *дипептид*, три молекули — *трипептид*, кілька десятків — *поліпептид*.

Реакція між карбоксильною групою однієї α-амінокислоти та аміногрупою іншої, продуктами якої є дипептид і молекула води, називається реакцією поліконденсації.

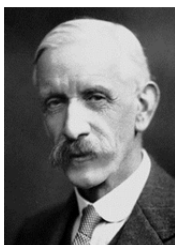
Нарощування поліпептидного ланцюга може продовжуватись необмежено. Унаслідок реакції утворюються речовини з дуже великою молекулярною масою — *білки* — сполуки, що розглянемо у наступному параграфі.

• Якісна реакція на окремі амінокислоти

При нагріванні ароматичних амінокислот із сумішшю концентрованих H_2SO_4 і HNO_3 відбувається нітрування бензенового кільця. При цьому утворюються сполуки жовтого кольору. Якісна реакція має назву **ксантопротеїнової** (грецьке *ксантос* — жовтий).



А. Косель



Ф. Гопкінс



Г. Д. Меллер



Л. Н. Волкен

1

2

3

4

Портрети вчених, які відкрили амінокислоти

1. **Альбрехт Косель** (1853-1927) – біохімік і фізіолог, лауреат Нобелівської премії з фізіології і медицини, відкрив *гістидин*.
2. **Фредерік Гопкінс** (1861-1947) – англійський біохімік, лауреат Нобелівської премії з фізіології і медицини, відкрив амінокислоту *триптофан*.
3. **Герман Джозеф Меллер** (1890-1967) – американський генетик, лауреат Нобелівської премії з фізіології і медицини, відкрив амінокислоту *метіонін*.
4. **Луї-Ніколя Волкен** (1762-1829) – французький хімік і фармацевт, сумісно з П. Ж. Робіком відкрив амінокислоту *аспаргін*.

5.3.5. Застосування амінокислот

- ✚ Із амінокислот в організмі синтезуються білки тканин і органів, а також біологічно активні речовини (гормони, ферменти тощо).
- ✚ Як лікувальні засоби при деяких захворюваннях ЦНС і внутрішніх органів (*метіонін, лізин, лейцин, цистеїн, валін, глутанінова кислота*), а також для виведення з організму радіонуклідів (*цистеїн*).
- ✚ Окремими амінокислотами підгодовують сільськогосподарські тварини (*метіонін*), що позитивно впливає на їх ріст.

- ✚ Амінокапронову і аміноенантову кислоти використовують для виробництва синтетичних волокон *капрону, енанту і деталей машин*.
- ✚ Ароматичну амінобензенову кислоту і її похідні використовують для *синтезу барвників*.

Чи відомо вам, що ...

Науковцями доведено, що не менше 14 захворювань пов'язані з порушенням амінокислотного обміну, 12 з яких – психічні розлади. Так, наприклад, при спадковому порушенні обміну фенілаланіну чи тирозину у 60% дітей відмічають ідіотію і у 10% – слабо виражену олігофренію. З цими порушеннями пов'язане явище альбінізму.

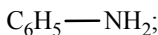
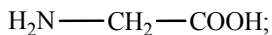
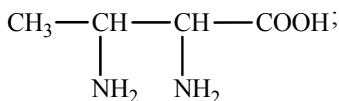
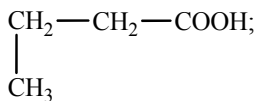
Більшість з порушень обміну лікують за допомогою амінокислотних дієт і вітамінотерапії.

Завдання для самоконтролю

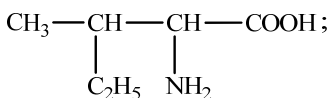
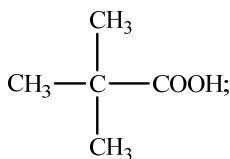
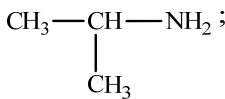
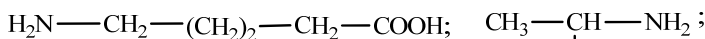
1. Дайте визначення амінокислотам. Наведіть приклади цих сполук.
2. Напишіть усі можливі структурні формули амінокислот складу $C_4H_9O_2N$ та дайте їм назву за систематичною номенклатурою.
3. За допомогою яких хімічних реакцій можна довести, що амінокислоти мають амфотерні властивості?
4. Які з наведених речовин мають нейтральну реакцію? Поясніть причину.
 - а) $CH_3 - CH_2 - COOH$;
 - б) $HOOC - CH_2 - CH(NH_2) - COOH$;
 - в) $H_2N - CH_2 - COOH$;
 - г) $H_2N - CH_2 - CH(NH_2) - COOH$.
5. Складіть структурні формули таких амінокислот:
 - а) α-амінопропанова кислота;
 - б) 3-аміно-3-метилбутанова кислота;
 - в) β-аміновалеріанова кислота;
 - г) 2-аміно-3-метилпентанова кислота;
 - д) α-аміно-ізомасляна кислота.

6. З наведеного переліку випишіть формули амінокислот і дайте їм назви:

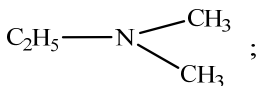
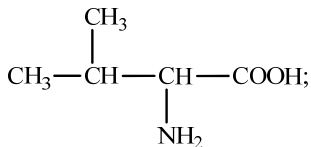
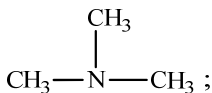
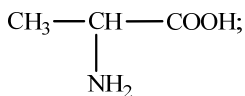
а)



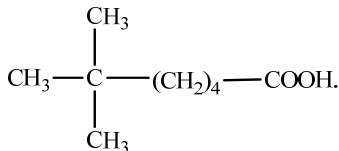
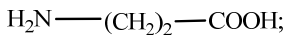
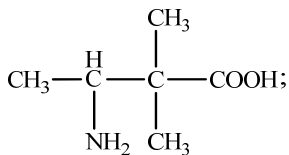
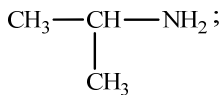
б)



в)



г)



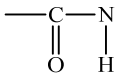
7. Здійснить перетворення:
пропанол \rightarrow пропаналь \rightarrow пропанова кислота \rightarrow хлорпропанова кислота \rightarrow амінопропанова кислота.
8. Складіть рівняння реакцій за наведеними схемами, дайте назву вихідним речовинам і продуктам цих реакцій:
 - а) $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH} + \text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \rightarrow \dots$;
 - б) $\text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \dots + \dots$;
 - в) $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \dots + \dots$;
 - г) $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \dots + \dots$.
9. Визначте масу амінооцтової кислоти, яка прореагувала з калій гідроксидом масою 19,6 г.
10. Який об'єм 90% метанолу ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$) необхідно для реакції з амінопропіоновою кислотою кількістю речовини 0,5 моль?
11. З оцтової кислоти масою 27 г отримали хлороцтову кислоту, вихід якої становив 60%. Крізь розчин хлороцтової кислоти пропустили амоніак об'ємом 6,72 л (н. у.). Яку кількість речовини отримали при цьому?

Тестові завдання

1. Визначте твердження щодо амінокислот (завдання містить кілька правильних відповідей):
 - а) є продуктами гідролізу білків;
 - б) можуть синтезуватися лише в організмі людини;
 - в) містять три функціональні групи;
 - г) одночасно мають властивості кислот і основ.
2. Хімічний зв'язок, за допомогою якого залишки амінокислот з'єднані у молекулах білка – це:
 - а) йонний;
 - б) дисульфідний;
 - в) пептидний;
 - г) ковалентний;
 - д) водневий.
3. Вкажіть, у якій формі існують амінокислоти у нейтральному середовищі:
 - а) аніон;
 - б) катіон;
 - в) молекула;
 - г) біполярний йон.
4. При перетворенні амінокислот у внутрішні солі відбувається:
 - а) зовнішньомолекулярний перенос йона Гідрогену;
 - б) зовнішньомолекулярний перенос йона Гідрогену від карбонової групи однієї молекули кислоти до аміногрупи іншої молекули;
 - в) внутрішньомолекулярний перенос йона Гідрогену від аміногрупи до карбоксильної групи;
 - г) внутрішньомолекулярний перенос йона Гідрогену від карбоксильної групи до аміногрупи.

5.4. БІЛКИ

Білки – високомолекулярні природні нітрогеновмісні органічні сполуки, які складаються із залишків α -амінокислот, сполучених між собою пептидними зв'язками.



У живих організмах склад білків визначається генетичним кодом. Біосинтез, як правило, відбувається за участі двадцяти стандартних амінокислот. Нескінченна кількість їх комбінацій пояснює причину різноманітності їх складу, структури і властивостей.

5.4.1. Коротка історична довідка

Білки були вперше описані та виділені в окремий клас органічних сполук у першій половині XIX століття завдяки працям французького хіміка Антуана де Фуркруа та шведського хіміка Є. Я. Берцеліуса.

Професор Харківського університету О. Я. Данилевський висловив гіпотезу про пептидний зв'язок між залишками амінокислот у білкових молекулах (1888).

На початку XX століття німецький хімік Е. Фішер експериментально довів, що білки збудовані з амінокислот, сполучених пептидними зв'язками.



**Герман Еміль Фішер
(1852-1919)**

німецький хімік

Член Берлінської академії наук. Написав низку наукових праць, присвячених хімії і фізіології. Синтезував ряд вуглеводів, зокрема глюкозу і фруктозу. Експериментально встановив, що амінокислоти зв'язані між собою за допомогою пептидних зв'язків.

Визначення амінокислотної послідовності білка інсуліну принесло англійському хіміку Фредеріку Сенгеру Нобелівську премію з хімії (1958).

Свій вклад у розвиток вчення про структуру білка внесли голландський хімік Г. Мульдер, російський хімік-органік М. Д. Зелінський, американський фізик і хімік Л. Полінг і ін.

5.4.2. Класифікація білків

Білок – вища форма розвитку живої матерії, головна складова частина клітинного ядра, цитоплазми і органел.

Величезна кількість білків, що входять до складу живих організмів, зумовлена такою ж кількістю комбінацій з'єднань між собою 20 амінокислотних залишків.

За хімічним складом

білки поділяються на прості і складні.

Прості білки (*протеїни*) складаються тільки з залишків α -амінокислот.

Складні білки (*протеїди*), крім залишків α -амінокислот, містять небілкові компоненти – залишки вуглеводів (*глікопротеїди*), ліпідів (*ліпопротеїди*), ортофосфатної та нуклеїнових кислот.

За фізіологічними функціями

які вони виконують в організмі, білки поділяють на фібрилярні і глобулярні.

Фібрилярні білки виконують структурну функцію. З них побудовані волокна живих тканин. Наприклад, *кератин* входить до складу волосся людини і шерсті тварин, білок *колагену* – до складу шкірних покривів, з *міозину* побудовані м'язи тощо. Фібрилярні білки, зазвичай, нерозчинні у воді.

Глобулярні білки регулюють процеси життєдіяльності живих організмів. До них належать усі ферменти, більшість гормонів (*пригадайте з біології, які речовини називаються ферментами і гормонами*), гемоглобін – носій кисню в організмі. Глобулярні білки здебільшого водорозчинні, проте, у порівнянні з фібрилярними, менш стійкі.

За здатністю синтезувати незамінні амінокислоти білки поділяють на повноцінні і неповноцінні.

До **повноцінних** належать білки, які у своєму складі містять незамінні амінокислоти. Нагадаємо, що незамінні амінокислоти в організмі людини і тварин не утворюються. Ці сполуки синтезуються рослинами, грибами, бактеріями.

До складу **неповноцінних** належать білки, у яких відсутня хоча б одна незамінна амінокислота.

5.4.3. Склад і будова білків

Білки тварин складають 40-50%, білки рослин – 20-35% сухої маси живого організму. Цим сполукам властивий постійний елементарний склад. Білкові молекули містять:

Карбону – 50-55%,
 Оксигену – 21-24%,
 Нітрогену – 15-19%,
 Гідрогену – 6-7%,
 Сульфур – 0,3-2,5%

а також Фосфор, Ферум, Магній, Купрум, Цинк, Кобальт, галогени у значно менших кількостях.

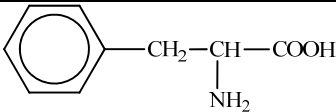
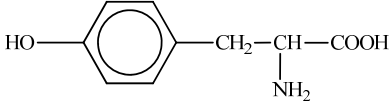
Встановлено, що у результаті реакції гідролізу будь-якого білка утворюється суміш α -амінокислот. Їх, найчастіше, у складі білка є двадцять. Будову деяких з них подано у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Окремі амінокислоти, що входять до складу білків

Назва амінокислоти	Вживане скорочення	Хімічна формула
Аланін (α -аміно-пропіонова кислота)	Ала	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Гліцин (амінооцтова кислота)	Глі	$\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
Глутамінова кислота	Глу	$\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Лізин	Ліз	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$

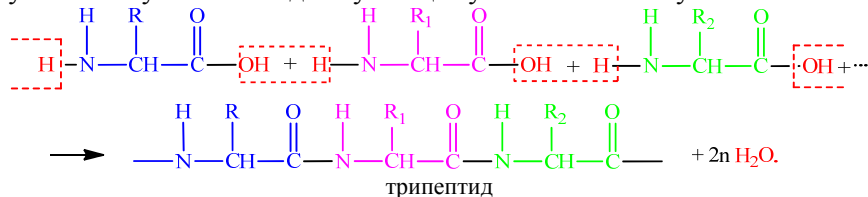
продовження табл. 5.1

Валін	Вал	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Фенілаланін	Фен	
Тирозин	Тир	

Білки належать до високомолекулярних сполук. Їх відносна молекулярна маса коливається від кількох тисяч до кількох мільйонів. Елементарною ланкою цих сполук є залишок однієї із двадцяти основних амінокислот. Зрозуміло, що і амінокислотних залишків у різних білків різна кількість. Так, у молекулі інсуліну їх 51, міоглобіну – 140. Проте, макромолекули багатьох білків містять від 10000 до кількох мільйонів амінокислотних залишків.

Для білків характерні чотири рівні структурної організації: *первинний, вторинний, третинний і четвертинний*.

Первинна структура – це послідовність амінокислотних ланок у лінійному поліпептидному ланцюгу білкової молекули.



У схемі бокові замісники (радикали) позначені літерою R, R₁, R₂, і т. д. Як правило, це відгалуження самих амінокислот. Відгалуження можуть мати лінійну, розгалужену і циклічну будову (рис. 51.1).

Нагадаємо, що первинну структуру білка (на прикладі інсуліну) розшифрував англійський хімік Ф. Сенгер.

Вторинна структура – це форма поліпептидного ланцюга у просторі, яка, як правило, нагадує спіраль, хоча може бути витягнута у нитку або згорнута у клубок (див. рис. 51.2A).

У макромолекулі кожна аміногрупа $-\text{NH}_2$ верхньої спіралі розташована над карбоксильною групою $-\text{COOH}$ нижньої спіралі. Між ними виникає водневий зв'язок. *Вторинна структура дістала назву α -спіралі.*

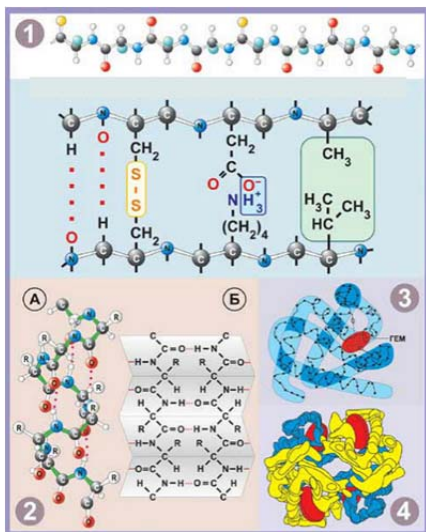


Рис. 51. Рівні структурної організації білка

При скручуванні поліпептидного ланцюга у спіраль радикали амінокислотних ланок (R , R_1 , R_2 і т. д.) спрямовуються назовні. Це відіграє важливу роль у формуванні третинної структури білкової молекули.

Вперше встановив і описав вторинну структуру білкових молекул американський учений Л. Полінг (1951).

Третинна структура молекули білка утворюється унаслідок взаємодії між боковими відгалуженнями (радикалами) поліпептидних ланцюгів. При цьому формуються водневі, дисульфідні ($-\text{S}-\text{S}-$),

складно-ефірні ($-\text{COOH}-\text{OH}$), сольові ($-\text{COOH}-\text{NH}_2$) і ін. зв'язки, а спіраль набуває певну просторову конфігурацію (як правило, сферичну форму у вигляді *глобул* (рис. 51.3). Третинна структура зумовлює специфічну біологічну активність.

**Полінг Ланус Каре
(1901-1994)**

американський фізик і хімік

Лауреат двох Нобелівських премій (1954, 1962). Учений володів широким діапазоном наукових інтересів: квантова механіка, кристалографія, мінералогія, структурна хімія, імунологія, медицина, еволюція.

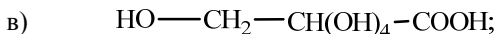
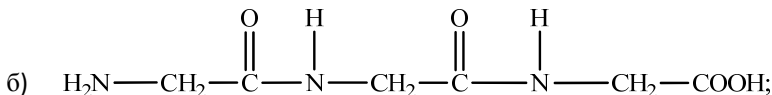
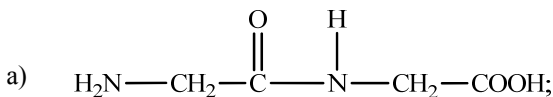
В галузі хімії найбільш відомий своїм визначенням хімічного зв'язку, відкриттям вторинної структури білка.

Л. Полінг відіграв важливу роль у підготовці і прийнятті міжнародного договору про заборону ядерних випробувань в атмосфері.

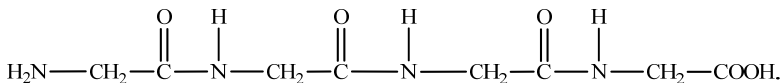


Завдання для самоконтролю

1. Які органічні речовини називаються білками? Яка їх біологічна роль?
2. За якими ознаками класифікують білки? Наведіть приклади головних груп білків.
3. Які існують рівні структурної організації молекули білка? Як вони здійснюються?
4. Якими зв'язками сполучені між собою залишки амінокислот у молекулі білка? Наведіть приклади.
5. Яку функцію виконує первинна структура білка?
6. Якими хімічними зв'язками утворюється вторинна структура білка?
7. Які функціональні групи у білкових молекулах беруть участь в утворенні третинної структури?
8. Вкажіть формулу трипептиду:



г)



9. Напишіть рівняння реакції одержання трипептиду з α -амінобутанової кислоти.
10. Напишіть рівняння реакції, за якими можна здійснити такі перетворення:
 - а) дипептид гліцину \rightarrow амінооцтова кислота \rightarrow калієва сіль амінооцтової кислоти \rightarrow етиловий естер амінооцтової кислоти;
 - б) крохмаль \rightarrow глюкоза \rightarrow етанол \rightarrow етаналь \rightarrow етанова кислота \rightarrow хлоретанова кислота \rightarrow аміноетанова кислота \rightarrow дипептид гліцину.
11. Напишіть рівняння реакції гідролізу трипептиду гліцину. Назвіть одержаний продукт за систематичною номенклатурою та визначте масу калій гідроксиду, необхідну для нейтралізації цього продукту кількістю речовини – 1,5 моль.

12. У результаті повного гідролізу 13,2 г дипептиду розчином натрій гідроксиду утворилося 19,4 г солі, масова частка Натрію в якій становить 23,71%. Напишіть структурну формулу використаного дипептиду.

Тестові завдання

1. Визначте твердження щодо білків:
- а) низькомолекулярні сполуки, які складаються із залишків нуклеїнових кислот;
 - б) низькомолекулярні сполуки, які складаються із залишків амінокислот;
 - в) поділяються на прості і складні;
 - г) високомолекулярні сполуки, які складаються із залишків амінокислот.
- У завданні 1 є кілька правильних відповідей.
2. Білки є амфотерними сполуками, тому що їх молекули містять:
- а) групи $-\text{NH}_2$ і $-\text{CHO}$;
 - б) групи $-\text{NH}_2$;
 - в) групи $-\text{NH}_2$ і $-\text{COOH}$;
 - г) групи $-\text{COOH}$ і $-\text{OH}$.
3. Вкажіть групи, на які поділяють білки:
- а) фібрилярні і глобулярні;
 - б) прості і складні;
 - в) повноцінні і неповноцінні;
 - г) нітрогеновмісні і безнітрогенові.
- У завданні 3 є кілька правильних відповідей.
3. Виберіть твердження щодо органічної сполуки з відносною густиною пари за повітрям 2,59, яка містить 32% Карбону, 42,67% Оксигену, 18,67% Нітрогену:
- а) найпростіша формула речовини $\text{C}_2\text{H}_6\text{ON}$;
 - б) найпростіша формула речовини $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$;
 - в) молярна маса сполуки 75 г/моль;
 - г) один із ізомерів містить аміно- і карбоксильну групу.
- У завданні 4 є кілька правильних відповідей.

5.5. ВЛАСТИВОСТІ ТА ФУНКЦІЇ БІЛКІВ

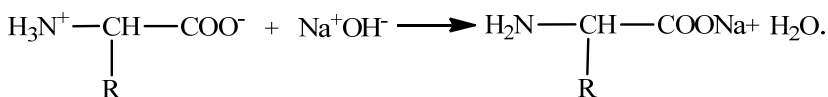
5.5.1. Фізико-хімічні властивості

Більшість білків є твердими, як аморфними, так і кристалічними речовинами. Окремі з них мають консистенцію в'язких рідин (наприклад, білки сироватки крові). Глобулярні (кулеподібні) білки розчиняються у воді, утворюючи при цьому колоїдні розчини. Фібрилярні (ниткоподібні) – у воді нерозчинні.

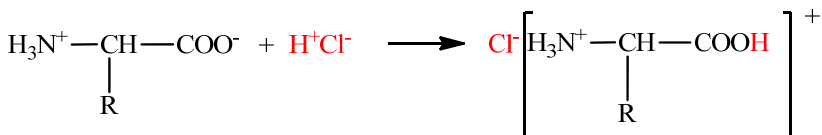
Вам відомо, що у білках містяться карбоксильні групи $-\text{COOH}$ і аміногрупи $-\text{NH}_2$. Ось чому, подібно до амінокислот, білки проявляють амфотерні властивості.

- **Взаємодія з лугами**

При дії лугів білок реагує у формі аніона – сполучається з катіонами лугу, утворюючи сіль альбумінат:



- **Взаємодія з кислотами**

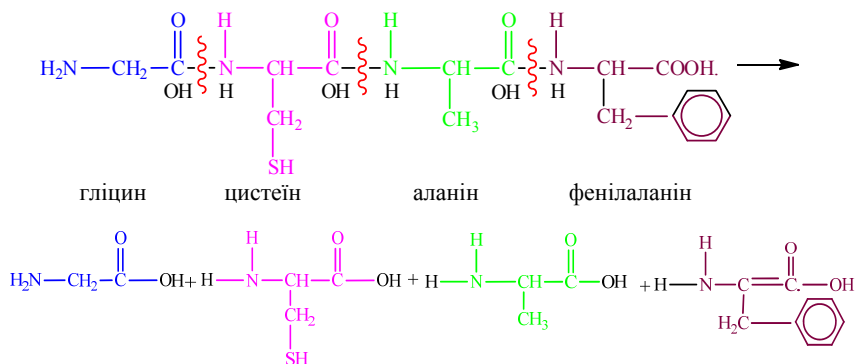


Нагадуємо: якщо у молекулі білка переважають карбоксильні групи, то сполука виявляє властивості кислот, якщо переважають аміногрупи – властивості основ.

- **Гідроліз білків**

Під впливом ферментів або при нагріванні з розчинами мінеральних кислот чи лугів білки піддаються реакції гідролізу. *За неповного гідролізу утворюються ди-, три- і поліпептиди, за повного – амінокислоти.*

Розглянемо процес на прикладі гідролізу тетрапептиду:



• Денатурація і ренатурація білків

Денатурація білка – це процес руйнування його четвертинної, третинної і вторинної структури при дії температури, радіації, сильних кислот і лугів, солей важких металів (Hg, Pb, Cd), струшування.

Прикладом термічної денатурації є зміна консистенції білка курячого яйця при кип'ятінні.

Білок молока, під час його скисання, також зазнає денатурації. Процес відбувається під впливом молочної кислоти, яку виробляють молочнокислі бактерії.

Процес денатурації полягає у руйнуванні водневих, дисульфідних, сольових і інших хімічних зв'язків, завдяки яким утворені вторинна, третинна і четвертинна структура білкових молекул (рис. 52).

Денатурація здебільшого необоротна. Але якщо на початкових стадіях денатурації припинити дію чинника, білок може відновити свою початкову структуру. Це явище називають **ренатурацією**.

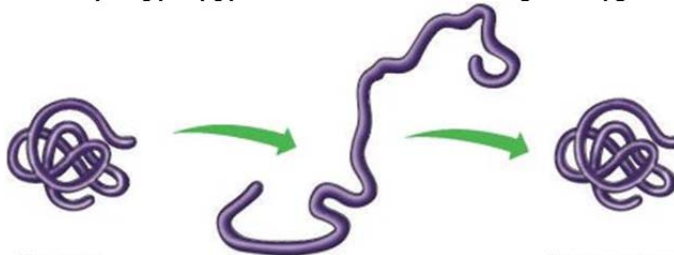


Рис. 52. Порушення конфігурації білкової молекули внаслідок денатурації

Якісні реакції на білки

• Біуретова реакція на пептидні зв'язки –CO–NH–

Під дією кількох крапель насиченого розчину купрум (II) сульфату CuSO_4 на лужний розчин білка утворюється характерне *фіолетове забарвлення*. Зміна забарвлення вказує на наявність поліпептидних зв'язків у макромолекулі.

• Ксантопротеїнова реакція

При дії концентрованої нітратної кислоти HNO_3 на білок, що містить ароматичні цикли (*тирозин, фенілаланін*), утворюються нітросполуки, забарвлені у *жовтий колір*. У разі додавання лугу жовте забарвлення змінюється на жовтогаряче.

• Цистеїнова реакція

Під час кип'ятіння білка, що містить у залишках амінокислот групу –S–S– (*цистеїн*), з розчином плюмбуму (II) ацетату $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, утворюється *чорний осад* плюмбум (II) сульфату PbS .

Лабораторний дослід № 15

Кольорові реакції білків

Обладнання і реактиви: розчин лугу, білок курячого яйця, купрум (II) сульфат, концентрована нітратна кислота, штатив, пробірки.

Дослід I. До розчину яєчного білка у пробірці додайте стільки ж за об'ємом розчин лугу і кілька крапель розчину CuSO_4 . Що спостерігаєте? Як змінилось забарвлення добутого розчину?

Дослід II. До розчину білка курячого яйця додайте концентрованої нітратної кислоти, при цьому злегка струшуйте пробірку з вмістом.

Що спостерігаєте? Який колір жовтка?

Зробіть загальний висновок про кольорові реакції на білки, назвіть їх.

5.5.2. Перетворення білків в організмі


Поряд з жирами і вуглеводами білки – необхідні компоненти нашої їжі. У процесі перетворення їжі під впливом ферментів білки піддаються реакції гідролізу. У шлунку відбувається їх розщеплення до поліпептидів. Поліпептиди у кишечнику гідролізуються до амінокислот.

Амінокислоти, всмоктуючись ворсинками кишечника, попадають у кров і надходять в усі тканини і клітини організму. Ці сполуки, на відміну від жирів і вуглеводів, про запас не відкладаються, а відбувається різноплановий процес їх використання.

Найбільша їх частка використовується для біосинтезу нових молекул білка, за рахунок яких відбувається ріст організму, чи тих молекул, що розкладаються у процесі життєдіяльності. Інша частина амінокислот використовується клітинами організму для синтезу нуклеїнових кислот.


5.5.3. Функції білків

Білки виконують низку важливих функцій в організмі. Серед них є такі:

 **Будівельна функція** полягає в тому, що білки – будівельний матеріал для більшості тканин (*епітеліальної, м'язової, сполучної, нервової*) та органел клітини (*клітинних мембран, цитоскелету, хромосом, рибосом тощо*).

 **Каталітична функція**

Майже усі хімічні реакції відбуваються у живому організмі не самочинно, а за участі ферментів – біологічних каталізаторів. Ферменти, як правило, мають білкову природу.

 *Згадайте назву відомих вам ферментів, які беруть участь у травленні) і, як правило, мають білкову природу.*

 **Регуляторна функція**

Білкову природу мають багато гормонів, які регулюють активність обміну речовин, процеси росту і розвитку організму.

Транспортна функція

Білки, вбудовані у плазматичну мембрану, транспортують у клітину поживні речовини, а у зворотньому напрямку – продукти обміну. Транспортні білки переносять ліпіди з ендоплазматичної сітки до інших органів.

Гемоглобін крові розносить кисень до тканин організму, а міоглобін запасає його у тканинах.

Енергетична функція

За повного розщеплення 1 г білків звільняється 17,2 кДж енергії, яку організм використовує. Проте, як енергетичне джерело, білки мають другорядне значення.

Рухова функція

Окремі білки (*актин, міозин, тубулін*) забезпечують здатність клітин чи цілого організму рухатись.

Сигнальна функція

Білки клітинних мембран здатні «розпізнавати» і зв'язувати сторонні хімічні сполуки: білки, віруси, бактерії. Зв'язуючи їх, вони, тим самим, передають сигнали про ці речовини на інші ділянки мембрани або всередину клітини.

Резервна функція

Найчастіше відкладаються про запас білки у яйцеклітинах тварин та клітинах ендосперму рослин. Ці білки слугують поживним матеріалом для зародка на перших етапах його розвитку.

Білки живих організмів здатні здійснювати передачу імпульсів у ЦНС (**рецепторна функція**), підтримувати кислотно-лужний баланс тощо.

Чи відомо вам, що ...

Тривалість життя людини, запрограмоване у ядрі клітини, сягає 110-115 років.

За 60-70 років організм біля 200 разів поновлює свої білки із амінокислот, які входять у склад білків їжі.

Очевидно, чим кращий «будівельний матеріал», тим пізніше наступить старіння.

Довготривале харчування одноманітною їжею призводить до захворювань. При порушенні білкового обміну виникають такі захворювання як порфірія (*поява темночервоних пігментів на поверхні шкіри*), подагра (*відкладання солей у сухожилках дрібних суглобів*) тощо.

5.5.4. Успіхи у вивченні та синтезі білків

Синтез білків – надзвичайно складна проблема. Головна причина – складність білкових молекул. Щоб синтезувати найпростіший білок, потрібно з'ясувати його амінокислотний склад, порядок чергування амінокислотних ланок (його первинну структуру), просторову конфігурацію макромолекул та відтворити це у лабораторних умовах.

Ученим приходиться проводити сотні, тисячі хімічних реакцій, кожна з яких може відбуватись лише за певних умов (температури, тиску, каталізатора тощо).

Вперше синтезували білки двох гормонів гіпофізу (*вазопресин і окситоцин*). Макромолекули цих гормонів складаються лише з 9 залишків амінокислот.

У 1954 р. вдалося розшифрувати первинну структуру *інсуліну* – гормону, що

регулює вміст цукру у крові. Його молекула складається з двох поліпептидних ланцюгів: в одному з них міститься 21 амінокислотний залишок, в іншому – 30 (див. рис. 53). Ланцюжки сполучені між собою

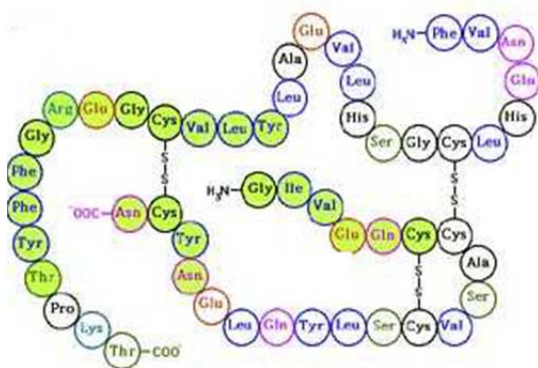


Рис. 53. Первинна структура молекули інсуліну

двома дисульфідними -S-S- зв'язками.

На встановлення первинної структури цього білка затрачено майже 10 років.

Порівняно недавно інсулін синтезовано в лабораторних умовах. Для утворення одного з поліпептидних ланцюгів було здійснено 89 хімічних реакцій, для синтезу іншого – 138.

Нагадаємо, що у клітинах живого організму синтез набагато складніших макромолекул білка триває всього декілька секунд.

Тепер білки добувають *мікробіологічним синтезом*. Існують групи мікроорганізмів, які, інтенсивно розмножуючись на поживному середовищі, можуть синтезувати білкову масу.

Так, наприклад, на відходах гідролізного виробництва деревини вирощують кормові дріжджі для тварин.

На основі використання вуглеводнів нафти також розвинувся мікробіологічний синтез білків для тваринництва.

Виробниче використання мікроорганізмів для одержання цінних продуктів і здійснення цільових перетворень є складовою **біотехнології**.

Люди були біотехнологами тисячі років: пекли хліб, варили пиво, готували сир і інші молочнокислі продукти, використовуючи при цьому різні мікроорганізми, і не підозрюючи при цьому про їх існування.

Сучасна біотехнологія використовує *методи генної інженерії* і нову *біопроцесорну техніку*.

Головні напрями біотехнології – це біоенергетичний контроль над забрудненням довкілля, сільськогосподарська біотехнологія, *біоелектроніка*, біотехнологія у нафтовій промисловості, медицині, харчовій промисловості.

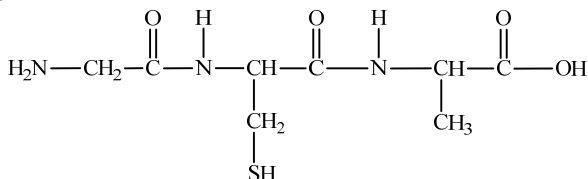
Серед розмаїття напрямків біотехнологій особливе місце посідають так звані *трансгенні технології*. Трансгенні рослини чи тварини – це живі істоти, яким пересадили гени інших організмів (порою дуже віддалених систематичних груп) з метою отримання від цього максимального економічного ефекту.

Сплеск досліджень з біотехнології у світовій науці відбувся у 80-х роках минулого століття.

Детальніше про проблеми, які піднімають і успішно розв'язують молодші прикладні науки: біотехнологія, генна і клітинна інженерія, нанотехнології розглянемо у розділі VII (7.1.2 і 7.1.3).

Завдання для самоконтролю

1. Яке значення мають білки для життєдіяльності організму?
2. Яку роль відіграють водневі зв'язки у побудові молекули білка?
3. Дайте визначення і наведіть приклади денатурації білка.
4. Чому білкову їжу не можна замінити вуглеводневою?
5. Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення:
кальцій карбід \rightarrow ацетилен \rightarrow ацетальдегід \rightarrow ацетатна кислота \rightarrow
 \rightarrow хлорацетатна кислота \rightarrow гідрогенхлоридна сіль гліцину.
6. Напишіть рівняння реакцій гідролізу трипептиду, назвіть утворені сполуки:

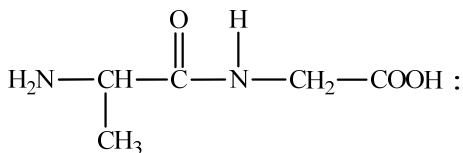


7. Обчисліть мінімальну відносну молекулярну масу білка, який містить 0,8% цистеїну.
8. Який об'єм розчину з масовою часткою натрій гідроксиду 0,1 та густиною 1,1 г/мл може прореагувати з гліцином, який одержали з кальцій карбїду масою 96 г? Сумарні втрати при добуванні гліцину становлять 20%.
9. З оцтової кислоти масою 27 г отримали хлороцтову кислоту, вихід якої становив 60%. Крізь розчин хлороцтової кислоти пропустили амонїак об'ємом 6,72 л (н. у.). Яку кількість амінооцтової кислоти отримали при цьому?
10. Є розчин фенолу і аніліну у бензені. Масова частка фенолу у розчині становить 20%, аніліну – 30%. Яку масу речовини з масовою часткою бром у 8% потрібно взяти для бромовання зразка вихідного розчину масою 200 г? Бром розчинено у тетрахлориді карбону.

Тестові завдання

1. Виберіть твердження, що характеризує процес утворення пептидного зв'язку. Назвіть усі правильні відповіді:
 - а) утворення при взаємодії двох аміногруп;
 - б) при його утворенні виділяється молекула води;
 - в) утворення при взаємодії карбоксильної групи однієї амінокислоти і аміногрупи іншої.
 - г) утворення при взаємодії карбоксильних груп двох амінокислот.

2. Назвіть амінокислоти, які утворюються при гідролізі дипептиду, формула якого



- а) гліцин і амінооцтова кислота;
б) гліцин і α -аланін;
в) гліцин і β -аланін;
г) амінопропіонова кислота і аланін.
3. Виберіть та розташуйте послідовно реагенти, необхідні для здійснення перетворення:
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHClCOOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOCH}_3$:
- а) CH_4 ;
б) Cl_2PCl_3 ;
в) NH_3 ;
г) HCl ;
д) Cl_2 ;
е) CH_3OH .

5.6. НУКЛЕЙНОВІ КИСЛОТИ

5.6.1. Нітрогеновмісні гетероциклічні сполуки

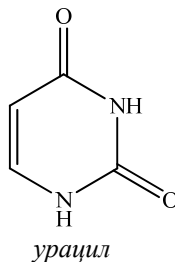
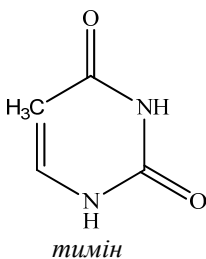
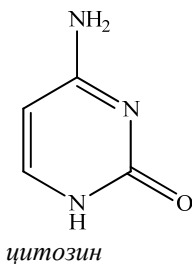
На прикладі аніліну ви ознайомились з нітрогеновмісними органічними сполуками циклічної будови. Серед них є особливо багато тих, у яких до складу циклів, крім атома Карбону, входять атоми інших елементів (зокрема Нітрогену).

Циклічні сполуки, до складу яких, крім атома Карбону, входять атоми інших елементів, називають гетероциклічними.

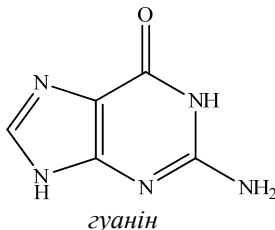
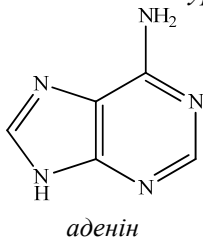
Серед гетероциклічних сполук зустрічаються **моноциклічні** (піримідинові основи) – сполуки, молекули яких містять один цикл і **біциклічні** (пуринові основи), що містять два цикли.

Наведемо структурні формули молекул гетероциклічних сполук, що входять до складу природних високомолекулярних сполук – нуклеїнових кислот. Їх є п'ять¹.

Піримідинові основи:



Пуринові основи:



Отже, цикли у цих сполуках, замість груп – OH, містять по два-три атоми Нітрогену.

5.6.2. Склад нуклеїнових кислот

Нуклеїнові кислоти – високомолекулярні сполуки природного походження, які зберігають і відтворюють в організмах спадкову інформацію і беруть участь у синтезі білків.

Нуклеїнові кислоти вперше відкрив швейцарський хімік – органік Ф. Мішер (1868).

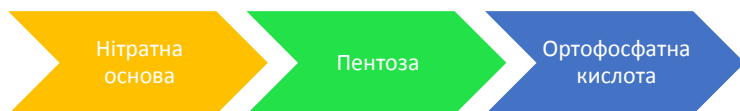
¹ Формули подані не для запам'ятовування

Термін «нуклеїнові» (латинське «*nucleus*» – ядро) увійшов у науку з 1889 р. Згодом сполуки виявили не тільки у ядрі, але й у мітохондріях і пластидах.

Тривалий час учені вивчали будову і види цих складних високомолекулярних речовин. А їх роль у збереженні і передачі спадкової інформації та синтезі білків у клітинах встановлено лише усередині минулого століття.

Одним із способів вивчення складу високомолекулярних сполук (крохмалю, целюлози, білків) є проведення реакції їх гідролізу.

Ще у 1891 р. німецький біохімік А. Касель здійснив гідроліз нуклеїнових кислот і встановив, що до їх складу входять нітрогеновмісні сполуки, один з двох видів пентоз і ортофосфатна кислота.



Макромолекули нуклеїнових кислот складаються з чотирьох різних видів мономерних ланок, що повторюються величезну кількість разів. Кожну таку ланку називають **нуклеотидом**.

Нагадаємо, що до складу кожного нуклеотиду входить *нітрогеновмісна сполука* (нітратна основа¹), *залишок однієї з пентоз* і *залишок ортофосфатної кислоти*.

Рис. 54. Будова нуклеотиду

а – нітратна основа;

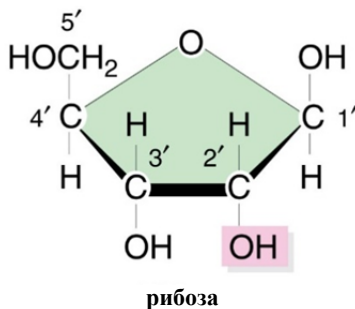
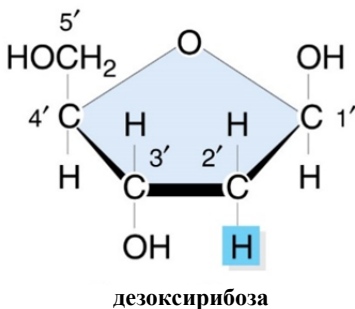
б – моноцукрид пентоза (рибоза або дезоксирибоза);

в – залишок ортофосфатної кислоти



Ми вже згадували, що до складу нуклеїнових кислот входить два види пентоз: рибоза і дезоксирибоза.

¹За наявності вільної електронної пари у атомів Нітрогену, що входять до складу циклів, нуклеотиди можуть приєднувати протони, тобто проявляти властивості основ



В організмах існує два види нуклеїнових кислот: дезоксирибонуклеїнова (ДНК) і рибонуклеїнова (РНК). У склад ДНК входить вуглевод *дезоксирибоза*, у склад РНК – *рибоза*.

Дезоксирибонуклеїнова кислота містить такі нітратні основи: **аденін (А), цитозин (Ц), гуанін (Г), тимін (Т)** (рис. 55).

Від назви нітратної основи залежить назва нуклеотиду.

У складі *рибонуклеїнової кислоти* містяться такі нуклеотиди: **аденіновий, цитозиновий, гуаніновий і урациловий**.

У кожному нуклеотиді ДНК і РНК нітратна основа сполучена з вуглеводом пентозою, а той, в свою чергу, – із залишком ортофосфатної кислоти.

5.6.3. Структура і функції ДНК

Ядерні кислоти, крім структури, різняться відносною молекулярною масою. Їх значення у молекулах РНК коливається від 200 тисяч до кількох мільйонів, а ДНК – від кількох десятків до кількох сотень мільйонів.

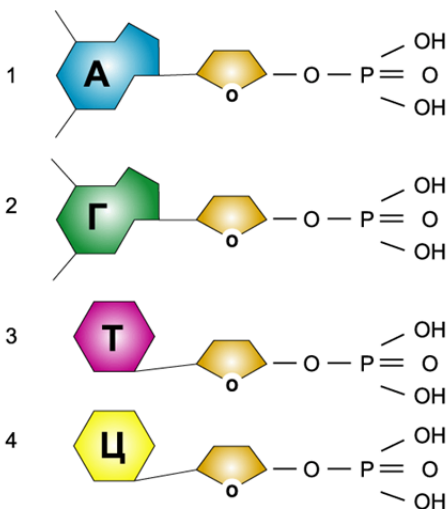


Рис. 55. Будова чотирьох нуклеотидів
1 – аденіновий; 2 – гуаніновий; 3 – тиміновий;
4 – цитозиновий

Первинна структура молекули ДНК – це послідовність сполучення нуклеотидів у макромолекулі.

Їх утворюють сполучені одна з одною ланки пентози і залишки ортофосфатної кислоти.

Залишки кислоти сполучені між собою у вигляді ланки, утворюючи водневі зв'язки з ОН-групою третього атома Карбону, одієї молекули рибози (РНК) чи дезоксирибози (ДНК) і гідроксильною групою п'ятого атома Карбону іншої пентози (див. рис. 56, б).

Нітратні основи приєднані наче збоку (у вигляді «бахроми») до вуглеводневих ланок і участі у формуванні ланцюгів в обох кислотах не беруть.

Вторинна структура ДНК

Макромолекули ДНК – це подвійна спіраль, закручена праворуч навколо спільної осі (рис. 56, а). Обидві нитки спіралі утримуються на однаковій відстані (приблизно 2 нм) водневими зв'язками.

Зв'язки виникають між пірамідиновими і пуриновими основами та розміщуються усередині спіралі.

Виявлено, що послідовність нуклеотидів у одному ланцюгу ДНК узгоджується з їх послідовністю в іншому (рис. 56, б). Так, нітратна основа аденінового нуклеотиду (А) одного ланцюга

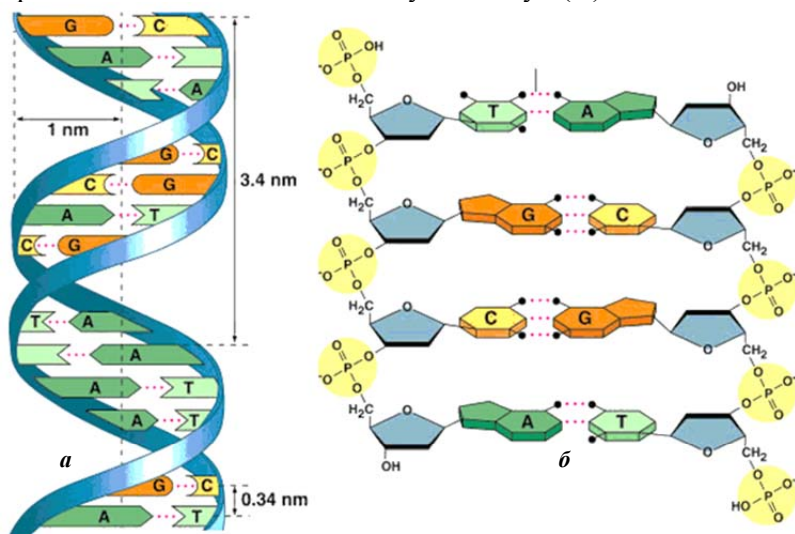


Рис. 56. а – подвійна спіраль молекули ДНК, б – правило комплементарності

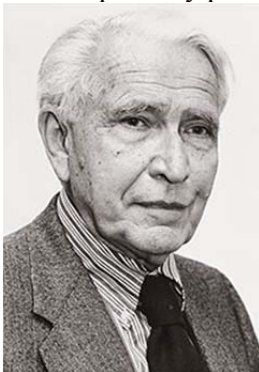
молекули ДНК завжди сполучається з нітратною основою тимінового нуклеотиду (Т) іншого ланцюга. Між ними виникає два водневих зв'язки ($A:::T, T:::A$).

Нітратна основа гуанінового нуклеотиду (Г) одного ланцюга ДНК завжди сполучається з нітратною основою цитозинового нуклеотиду (Ц) іншого ланцюга. Між нітратними основами цих нуклеотидів виникає три водневих зв'язки ($G:::C, C:::G$). Такий принцип сполучення нуклеотидів називають **комплементарністю** (латинське «*комплементум*» – доповнення).

Крім водневих зв'язків, подвійна спіраль стабілізується також за рахунок π -електронної системи, що утворюється між залишками молекул нітратних основ кожного нуклеотиду.

Один виток спіралі містить 10 пар нуклеотидів. Його довжина по осі – 3,4 нм.

Аналіз хімічного складу різних видів ДНК дав можливість американському хіміку Е. Чаргаффу (1952) встановити певні закономірності у розташуванні нуклеотидів у ланцюгах ДНК.



Ервін Чаргафф
(1905-2002)

американський біохімік

Професор, член Національної академії США (1965), член Паризької академії наук (1963), член Нідерландської королівської АН (1964).

Учений вперше отримав ДНК у чистому вигляді, визначив кількісне співвідношення нітрогеновмісних основ у ланцюгах макромолекули.

Крім того, науковець займався дослідженням зсідання крові, вивчав ліпіди та метаболізм амінокислот.

Третинна структура молекули ДНК

Молекули ДНК у згаданих органелах клітини являють собою компактні структури. Так, довжина молекули ДНК найбільшої хромосоми людини дорівнює 8 см, але вона скручена таким чином, що вміщується у хромосомі, яка має довжину 5 мкм.

Це можливо пояснити тим, що дволанцюгова спіраль зазнає подальшого просторового ущільнення.

Так формується третинна структура молекули ДНК. При цьому відбувається взаємодія між молекулами ДНК хромосом еукаріотів і їх ядерними білками.

У ядерних зонах клітин прокаріотів молекули ДНК мають кільцеву будову.

Модель молекули ДНК запропонували американський молекулярний біолог Д. Уотсон та англійський біофізик Ф. Крік (1953).

За це відкриття і його значення для розуміння суті передачі спадкові інформації обидва учені були удостоєні Нобелівської премії (1962).

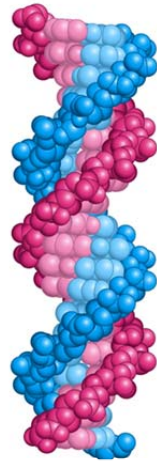
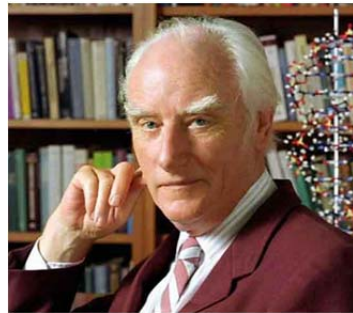


Рис. 57. Третинна структура ДНК



Джейм Уотсон (1928) – американський молекулярний біолог



Френксіс Крік (1916-2004) – англійський біолог, біофізик

5.6.4. Структура і види РНК

Молекули РНК у більшості випадків мають лінійну (інколи закручену у спіраль) одонитчасту структуру. Дволанцюгові молекули РНК трапляються у деяких вірусів. Подібно до ДНК вони зберігають і передають (вірусні РНК) спадкову інформацію.

Рис. 58. Молекулы РНК

Кожна макромолекула *p* РНК складається з 3-5 тисяч нуклеотидів. Вона забезпечує просторове розташування *i*РНК і *m*РНК на рибосомі, таким чином виконуючи структурну функцію.

Вторинна структура *m*РНК нагадує листок конюшини або клена (рис. 59). На окремих ділянках *m*РНК комплементарність підтримується водневими зв'язками.

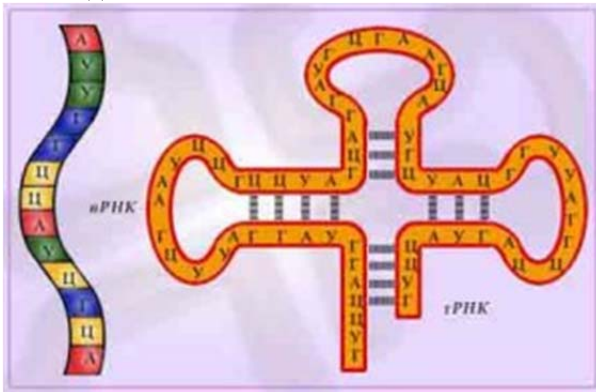


Рис. 59. Транспортна РНК

309

Інформаційна РНК відтворює інформацію з ділянки ДНК (*гена*), переносить її до рибосоми і, таким чином, бере безпосередню участь у синтезі білка (збирання поліпептидного ланцюга).

Молекула іРНК має 100-160 залишків нуклеотидів, її відносна молекулярна маса 500 тис. – 2 млн.

5.6.5. Біологічна роль нуклеїнових кислот

Молекула ДНК здатна до самоподвоєння (*реплікації*). Це відбувається під час поділу клітини. Під впливом ферментів водневі зв'язки руйнуються і відбувається роздвоєння ланцюгів. До кожного «материнського» ланцюга (*матриці*) добудовуються новий за принципом комплементарності.



Рис. 60. Подвоєння молекули ДНК

Отже, головна біологічна роль ДНК полягає у збереженні і передачі генетичної інформації, яка притаманна даній особині і даному виду.

Найважливіша роль різних видів РНК – це зняття інформації з ділянки ДНК (*транскрипція*) та безпосередня участь у синтезі первинної структури білкових молекул.

Завдання для самоконтролю

1. Що таке первинна структура молекул нуклеїнових кислот?
2. Чим відрізняється вторинна структура молекули ДНК від вторинної структури молекули РНК?
3. Які функції виконують ДНК і РНК в клітині?
4. Охарактеризуйте хімічну і структурну будову молекули ДНК за Ф. Кріком і Д. Уотсоном.
5. Напишіть формули відомих вам нітратних основ, залишки яких входять до складу нуклеотидів.
6. Які з відомих нітрогеновмісних сполук, що входять до складу нуклеїнових кислот, є піримідиновими, а які пуриновими основами?
7. Назвіть пентози, що входять до складу нуклеїнових кислот.
8. Що таке принцип комплементарності?
9. Наведіть коротку характеристику трьох типів РНК – інформаційної, рибосомної і транспортної.

Тестові завдання

1. Виберіть сполуки, залишки яких входять до нуклеїнових кислот.
 - а) ортофосфатна кислота, вища карбонова кислота та вуглевод (рибоза або дезоксирибоза);
 - б) ортофосфатна кислота, вуглевод (рибоза або дезоксирибоза) та нітратна основа;
 - в) нітратна основа, амінокислота, ортофосфатна кислота;
 - г) вуглевод (рибоза і дезоксирибоза), нітратна кислота, ортофосфатна кислота.
2. Вкажіть визначення нуклеотиду:
 - а) мономер нуклеїнової кислоти;
 - б) сполука ортофосфатної кислоти з вуглеводом (рибозою і дезоксирибозою);
 - в) сполука нітратної основи з вуглеводом (рибозою або дезоксирибозою);
 - г) поліпептид.
3. Виберіть твердження щодо органічної сполуки з молярною масою 73 г/моль, при спалюванні 7,3 г якої утворилось 8,96 л карбон (IV) оксиду (н. у.), 9,9 г води і азот:
 - а) об'єм азоту, що утворюється при спалюванні, – 1,12 л (н. у.);
 - б) відносна густина пари цієї сполуки за воднем – 36,5;
 - в) молекулярна формула сполуки CH_3NH_2 ;
 - г) молекулярна формула сполуки $\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$;
 - д) об'єм азоту, що утворюється при спалюванні – 2,82 л (н. у.).

Розділ 6. СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ

6.1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Високомолекулярні сполуки (ВМС) або полімери – сполуки з відносною молекулярною масою від кількох тисяч до багатьох мільйонів а.о.м.

Молекули ВМС складаються з багатьох елементарних ланок, що повторюються, і з'єднані між собою ковалентними зв'язками у довгі ланцюги лінійної або розгалуженої будови.

Їх поділяють на *ВМС природного походження та синтетичні високомолекулярні сполуки*. З першими ми знайомі на прикладі *поліцукридів, білків та нуклеїнових кислот*.

Проте, без інших (*пластмас, канчуків, гуми, волокон, лаків, фарб, клеїв, герметиків, йонообмінних смол*) вже не може обійтися жодна з галузей промисловості, сільське господарство, транспорт і зв'язок. З ними ми постійно стикаємось у побуті.

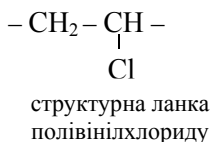
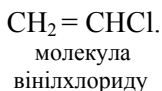


Рис. 61. Використання пластмас, синтетичних каучуків, волокон у повсякденному побуті

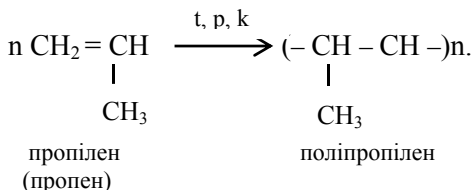
6.1.1. Класифікація ВМС

Нагадаємо, що ланцюгові молекули полімерів називають *макромолекулами*. Низькомолекулярна сполука, з якої добувають полімер, називається *мономер*. Так, мономером поліетилену є молекула етилену (етену) $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$, поліпропілену – молекула пропілену (пропену) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$.

Група атомів, які багаторазово повторюються у макромолекулі полімеру, називають *структурною ланкою*.



Кількість елементарних ланок у макромолекулі полімеру називають *ступенем полімеризації n*. Рівняння реакції полімеризації поліпропілену, наприклад, у короткій формі виглядає так:



Макромолекули високомолекулярних сполук мають різну довжину, а, отже, і різну масу. Для характеристики такої сполуки використовують *середню молекулярну масу*.

ВМС класифікують за низкою ознак. Нагадаємо, що **за походженням** їх поділяють на:

➤ **природні** або **біополімери** (натуральні каучуки, білки, нуклеїнові кислоти;

➤ **синтетичні** (поліетилен, полівінілхлорид, смоли).

За структурою полімерного ланцюга:

➤ **лінійні** – макромолекули яких є відкритими лінійними ланцюгами (натуральний каучук, целюлоза, поліетилен);

➤ **розгалужені** – макромолекули яких мають лінійний ланцюг з відгалуженнями (амінопектин);

➤ **сітчасті (просторові)** – тривимірні.

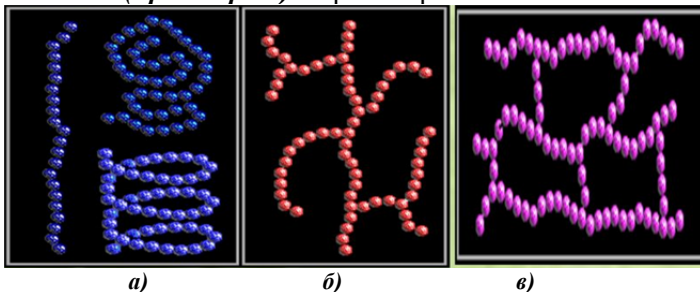


Рис. 62. Геометричні форми макромолекул полімерів:
а) лінійна, б) розгалужена, в) просторова

За хімічним складом макромолекули:

- **гомополімери** – полімери, утворені з одного мономеру (поліетилен, полівінілхлорид);
- **співполімери** – полімери, утворені з різних мономерів (фенолоформальдегідні смоли, бутадієнстиреновий каучук).

За фазовим станом:

- **кристалічні** – упорядковане розміщення макромолекул;
- **аморфні** – характеризуються відсутністю впорядкованості.

Це не означає, що макромолекули полімеру повністю перебувають в кристалічному або ж повністю у аморфному стані. На одних ділянках полімери у твердому стані можуть мати упорядковане розташування молекул, на інших – безладне.

Суть *кристалічності* – це частки речовини з упорядкованими молекулами. При значенні ступеня кристалічності 80-90% полімер вважають кристалічним, а при 10-20% – аморфним.

6.1.2. Властивості полімерів

Низькомолекулярні речовини мають сталі температури плавлення, кипіння і інші константи.

Макромолекули ВМС різних сполук значно відрізняються довжиною, розгалуженістю, розміщенням у просторі і, як наслідок, рядом властивостей.

Так, при нагріванні полімерної плівки, попередньо покладеної у керамічну посудину, над полум'ям пальника спочатку можна спостерігати лише її розм'якшення і тільки при підвищенні температури – поступове перетворення у в'язкотекучу рідину. Процес відбувається у порівняно великому інтервалі температур.

Отже, високомолекулярні сполуки не мають сталої температури плавлення, а при спробі сильного нагрівання – розкладаються.

Переважна більшість полімерів нерозчинна у воді. Полімери лінійної будови малорозчинні, а сітчастої (просторової) – зовсім нерозчинні в органічних розчинниках. Причина: важко або зовсім неможливо роз'єднати макромолекули полімерів невеликими молекулами розчинника, бо вони зшиті (особливо полімери просторової будови) багатьма хімічними зв'язками.

Деякі полімери реагують з киснем повітря, при цьому відбувається розрив макромолекулярних ланцюгів і зміна окремих

ланок скелета.

Полярні замісники у макромолекулах (хлор, бром, флуор, гідроксильна, карбонільна, карбоксильна і нітрогрупа) збільшують жорсткість полімеру.

Є полімери, які можна багаторазово розплавляти. Проте, при послідовному охолодженні вони затвердівають і зберігають свої фізичні властивості (*поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид* тощо). Такі полімери називають **термопластичними**.

Інші полімери (*фенолоформальдегідна смола*) після нагрівання втрачають пластичність і здатність розчинятися в органічних розчинниках. Такі полімери називають **термореактивними**. При нагріванні їх макромолекули зазнають необоротних змін, пов'язаних з утворенням додаткових ковалентних зв'язків.

Висока міцність, легкість, стійкість проти дії лугів і кислот, термо- і корозійна стійкість, високі діелектричні і теплоізоляційні властивості, електростійкість та дешевизна забезпечують ВМС широкий спектр використання.

Лабораторний дослід № 16

Порівняння властивостей термопластичних і термореактивних пластмас

Дослід 1. Невеликий клаптик поліетиленової плівки покладіть у керамічну посудину, закріпіть її у лабораторному штативі та, повільно роблячи колові рухи запаленим пальником, нагрійте речовину до повного плавлення.

Перелийте розплавлену масу в іншу керамічну посудину з метою її охолодження.

Що спостерігаєте?

Повторіть процес нагрівання і охолодження поліетилену ще один раз.

Дослід 2. Подібним чином дослідіть відношення до нагрівання виробу з фенолоформальдегідної смоли.

Зверніть увагу на те, чи вона плавиться.

Зробіть відповідні висновки про властивості термопластичних і термореактивних полімерів.

6.1.3. Синтез ВМС

Високомолекулярні речовини одержують за допомогою реакції полімеризації і поліконденсації.

Реакція полімеризації (від грецького *polymeros* – той, що складається з багатьох частин) – **процес одержання високомолекулярних сполук унаслідок послідовного сполучення молекул мономера у більші молекули.**

Загальна схема реакції полімеризації виглядає:



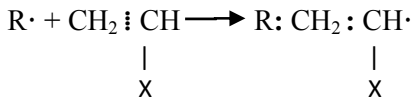
Проте, механізм реакції полімеризації набагато складніший, його називають **вільнорадикальним**.

➤ *Згадайте, які реакції називаються ланцюговими? Наведіть приклади таких реакцій.*

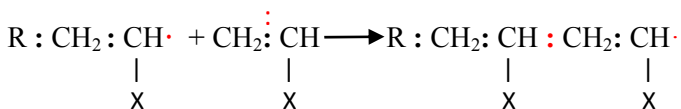
Для утворення полімеру, як мінімум, необхідно щоб молекули мономеру могли сполучатися з двома іншими подібними молекулами (з обох боків). Це можливо лише при наявності у молекулах подвійних зв'язків, які можуть розриватися.

Цій умові відповідають ненасичені сполуки і їх похідні, бо при розриванні подвійного зв'язку на кінцях молекул появляються неспарені електрони, що робить їх реакційно здатними.

У реакційну зону до молекул мономеру додають так званого **ініціатора** – нестійку сполуку, що здатна розпадатись на вільні радикали ($R_2 \rightarrow 2R$). Вільний радикал R діє на подвійний зв'язок ненасиченого вуглеводня, розриває слабкий π -зв'язок і вступає у ковалентний зв'язок з молекулою мономера. Другий електрон, що утворював π -зв'язок, «мігрує» на край. При цьому група атомів, що утворилась, стає радикалом:



Вільний радикал $R : \text{CH}_2 : \text{CH} \cdot$ розриває π -зв'язок іншої молекули мономеру і приєднує її до себе. При цьому утворюється новий «довший» радикал:



Такий механізм утворення макромолекул полімеру називається **ланцюговим**.

Механізм ланцюгової полімеризації аналогічний механізму реакцій, які отримали загальну назву *ланцюгових*. Теорію ланцюгових реакцій розробив радянський учений академік М. М. Семенов.

Іншим механізмом полімеризації є так званий **ступінчастий** механізм, на вивченні якого зупинятись не будемо.

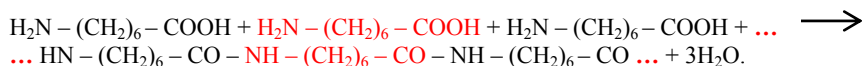
У реакції полімеризації можуть брати участь два різних мономери. Сполуку, що утворюється при цьому, називають **співполімером**. Прикладом співполімеру з регулярним розміщенням елементарних ланок є фенолоформальдегідні смоли.

Реакція поліконденсації – процес утворення високомолекулярних речовин з низькомолекулярних, при якому відщеплюється побічний низькомолекулярний продукт (вода, амоніак, гідрогенхлорид).

Реакція поліконденсації значно відрізняється за механізмом від реакції полімеризації. Вона носить ступінчастий характер: ріст ланцюга відбувається поступово. На початку реагують одна з одною дві молекули вихідної речовини, потім сполука, що утворилась, взаємодіє з третьою молекулою вихідної речовини, з четвертою і т. д.

Усі проміжні продукти реакції, які утворюються у результаті поступового приєднання двох молекул мономера, цілком стійкі, їх можна виділити.

Полімери можуть утворюватись таким способом лише у тому випадку, якщо молекули, що вступають у реакцію, містять не менше двох функціональних груп. Прикладом цього типу реакцій може слугувати поліконденсація ε-амінокапронової кислоти:



Реакція поліконденсації проходить у присутності йонних каталізаторів (основ чи кислот).

Завдання для самоконтролю

1. Наведіть приклади природних і синтетичних високомолекулярних сполук.
2. У чому полягає різниця між мономером і полімером?
3. На які групи поділяють полімери за структурою полімерного ланцюга?
4. Чим відрізняються між собою термопластичний і термореактивний полімери? Наведіть приклади кожного з них.
5. Які високомолекулярні сполуки називають співполімерами? Наведіть приклади.
6. Чому ВМС не мають сталих температур плавлення і кипіння?
7. Чим відрізняються між собою реакція полімеризації від реакції поліконденсації? Наведіть приклади кожної із цих реакцій.
8. Який об'єм етилену (етену) потрібний для добування 1 кг поліетилену?
9. Бутадієн – стиреновий каучук одержують співполімеризацією бутадієну і стирену. Яку масу каучука можна одержати з 26 кг етилену і бутадієну масою 18,9 кг, якщо вихід каучука становить 88%?

Тестові завдання

1. Які з наведених високомолекулярних сполук є природними:
 - а) полівінілхлорид;
 - б) целюлоза;
 - в) ДНК;
 - г) оргскло?
2. Як називається величина, що показує кількість молекул мономеру, сполучених у макромолекулу:
 - а) полімер;
 - б) мономер;
 - в) ступінь полімеризації;
 - г) структурна ланка?
3. Вкажіть формулу структурної ланки поліетилену:
 - а) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$;
 - б) $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$;
 - в) $(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -)_n$;
 - г) $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$.

6.2. ПЛАСТМАСИ

6.2.1. Загальна характеристика

Пластмаси – це неметалічні матеріали, які виготовляють на основі полімерів шляхом пресування, лиття під тиском чи формування при нагріванні і здатні зберігати надану форму після охолодження.

За масштабами світового виробництва і темпами приросту пластмаси займають ведуче місце серед інших полімерних матеріалів.

Густина різних пластмас коливається від 0,9 до 2,2 г/см³. Отже, пластмаси приблизно у 2 рази легші, ніж алюміній і у 5-8 разів легші сталі, міді, інших матеріалів, а деякі сорти пінопластів, густина яких 0,02-0,1 г/см³, більш ніж у 10 разів легші від коркового дерева.

За хімічною стійкістю пластмаси не мають собі рівних серед металів. Вони стійкі не тільки до дії вологи повітря, але й до дій лугів і кислот.

Створено ряд пластмас, які володіють тепло- і морозостійкістю. Ця властивість дозволяє використовувати вироби з них, що працюють у широких інтервалах температур.

Як правило, пластмаси мають тверду, блискучу поверхню, яку не потрібно шліфувати, лакувати чи фарбувати. Її зовнішній вигляд не змінюється від атмосферних впливів.

Чи відомо вам, що ...

Першу пластмасу було отримано британським металургом Александром Парксом у 1855 році. Паркс назвав її «паркезин» (потім стали називати целулоїд). Паркезин вперше було представлено на всесвітній виставці в Лондоні у 1862 році.

Розвиток пластмас розпочався з використання природних пластичних матеріалів (жувальної гумки, шелаку), далі продовжився використанням хімічно модифікованих природних матеріалів (гума, ебоніт, нітроцелюлоза) і перейшов до повністю синтетичних молекул (полівінілхлорид, поліетилен, епоксидна смола).

Великою перевагою пластмас перед іншими матеріалами є дешевизна і доступність сировинної бази (*нафта, супутні нафтові гази, вугілля, відходи лісопереробної галузі, сільського господарства тощо*).

Ці переваги надають пластмасам широке практичне використання в усіх галузях народного господарства, техніки і повсякденному житті.

6.2.2. Склад пластмас

До складу пластмас, крім полімеру, який виконує зв'язуючу функцію, входять і інші компоненти, що надають матеріалу певних позитивних якостей.

Серед них наповнювачі, пластифікатори, стабілізатори, антистатики, барвники тощо.

Наповнювачі (*розмелена деревина, азбест, крейда, графіт, сажка, скловолокно, подрібнений папір, волокна*) покращують механічні властивості пластмас, знижують їх вартість.

Пластифікатори (*гліцерин, парафінове масло*) підвищують їх пластичність.

Стабілізатори сприяють зберіганню властивостей у процесі експлуатації (*сажка, сульфатні сполуки, фенол*).

Антистатики – речовини, які перешкоджають виникненню і накопиченню статичного електричного заряду у виробках з полімерних матеріалів.

Роль **барвників**, як складових пластмас, також зрозуміла.

6.2.3. Види пластмас

Ознайомимось з головними видами пластмас, які отримують на основі синтетичних полімерів.

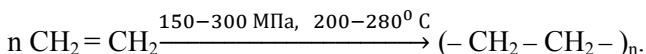
Поліетилен

Поліетилен ($-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$)_n являє собою тверду, білу речовину жирну на дотик з густиною 0,92-0,95 г/см³. Він володіє чудовими діелектричними властивостями, хорошим опором на розрив та морозостійкістю. Плівки з поліетилену мають високу повітро- і вогнетривкість. Розчини кислот, лугів, окисників типу калій перманганату KMnO₄ на нього не діють. Проте, вироби з

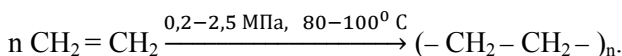
поліетилену не витримують нагрівання вище 60-100° С, нестійкі до галогенів і концентрованої нітратної кислоти, при нагріванні розчиняються у рідких вуглеводнях.

Поліетилен одержують двома основними промисловими методами:

❖ *Полімеризацією етилену при високому тиску у присутності невеликих кількостей кисню:*



❖ *Полімеризацією етилену при низькому тиску з використанням комплексних металоорганічних каталізаторів:*



Поліетилен, отриманий при високому тиску, немає точної лінійної структури. У його ланцюгових макромолекулах утворюються відгалуження. Ступінь кристалічності поліетилену високого тиску 50-65, температура плавлення 105-108° С, відносна молекулярна маса 80000-500000.

Головна відмінність поліетилену низького тиску полягає у майже повній відсутності розгалуженості його макромолекулярного ланцюга. Полімер низького тиску має вищий ступінь кристалічності (75-90), вищу температуру плавлення (120-130° С) і вищу відносну молекулярну масу (80000-800000).



Рис. 63. Вироби з поліетилену

✚ Поліетилен використовують як ізоляційний матеріал для електропроводів і кабелів.

✚ Завдяки хімічній стійкості з матеріалу виготовляють водопровідні і каналізаційні труби, ємкості для зберігання агресивних рідин, деталі хімічного апаратобудування.

✚ Поліетиленову плівку використовують для вирощування овочів у закритому ґрунті, а також для боротьби з весняними приморозками.

✚ Поліетилен використовують як пакувальний матеріал для технічних виробів і продуктів харчування, а також для виготовлення багатьох предметів побутового призначення.

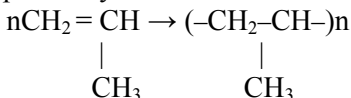
Поліетилен належить до термопластичних полімерів.

Поліпропілен

Як і поліетилен, поліпропілен білого кольору, твердий, жирний на дотик, стійкий до агресивних середовищ полімер, що розм'якшується при температурі 160-170° С з молекулярною масою 80000-200000.

Полімеру характерна невелика густина (0,9 г/см³), хороші діелектричні властивості.

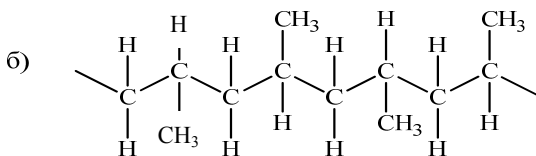
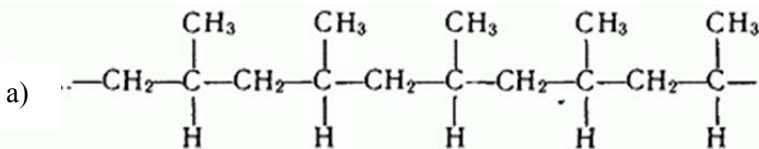
Поліпропілен добувають реакцією полімеризації пропілену:



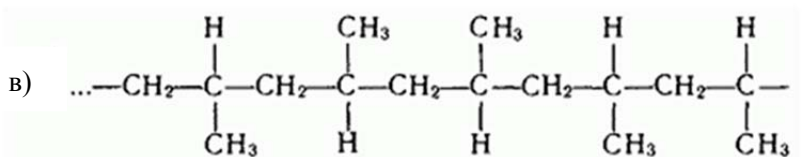
У процесі полімеризації поліпропілену з допомогою комплексного каталізатора отримано так званий *стереорегулярний полімер*, у якому усі CH₃- групи розташовуються або на одну сторону, або ж по чергово з чіткою послідовністю то по одну, то по іншу сторону площини:



Рис. 64. Використання поліпропілену



Полімери *нерегулярної будови* характеризуються хаотичним розміщенням CH_3 - груп:



Стереорегулярні і нерегулярні полімери відрізняються за властивостями. Для перших характерний вищий ступінь кристалічності та значно більша механічна міцність.

✚ Завдяки своїм властивостям і доступності вихідної сировини поліпропілен знаходить широке застосування. З нього виготовляють водопровідні і каналізаційні труби, деталі машин і механізмів, хімічну апаратуру, канати, сітку, технічні тканини, одноразовий посуд, іграшки тощо.

✚ Його використовують як високоміцний ізоляційний матеріал.



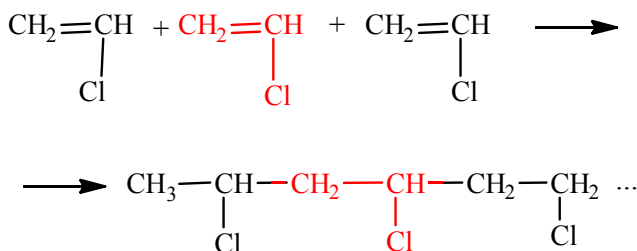
Рис. 65. Вироби з поліпропілену

Поліетилен відноситься до термопластичних полімерів.

Полівінілхлорид

Полівінілхлорид – білий порошок з густиною $1,4 \text{ г/см}^3$, стійкий до агресивних середовищ, має добрі діелектричні властивості, високу механічну міцність і теплостійкість, нерозчинний у більшості органічних розчинників.

Отримують полівінілхлорид реакцією полімеризації вінілхлориду:



На основі полівінілхлориду добувають *вініпласт* – дуже тверду речовину і *пластикат* – значно м'якший матеріал.



Рис. 66. Використання полівінілхлориду

✚ Вініпласт використовують у виробництві кабельної продукції, труб, для транспортування агресивних рідин, вентиляційних повітропроводів, деталей акумуляторів.

Завдяки хімічній стійкості і механічній міцності вініпласт піддається різним видам механічної обробки (пресуванню, штампуванню, фрезеруванню тощо)

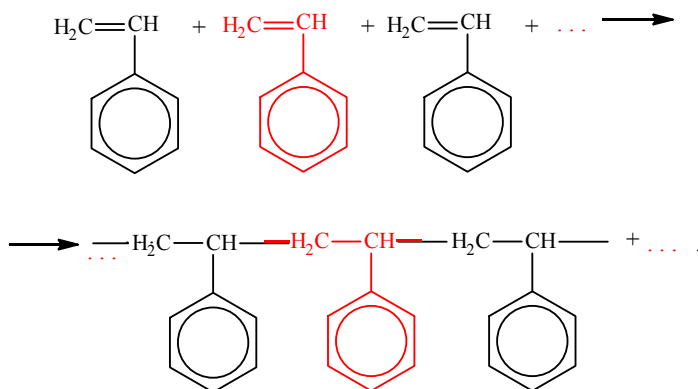
При добуванні «м'якого» полімеру до-
 бавляють стабілізатори і пластифікатори. Перші запобігають розкладанню пластмас, другі підвищують гнучкість і розтяжність.

Пластмаси з полівінілхлориду, які містять пластифікатор, дістали назву *пластикатів*. Пластикат, поряд з високими діелектричними показниками, має високу морозостійкість. Його широко використовують як електроізоляційний матеріал, для виробництва взуття, штучної шкіри, лінолеуму, труб тощо.

Полівінілхлорид – термопластичний полімер.

Полістирол

Полістирол (полістирен) $(- \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5) -)_n$ – твердий, аморфний, термопластичний матеріал, густиною $1,05 \text{ г/см}^3$, що не реагує з розбавленими розчинами лугів і кислот. Відносна молекулярна маса полістиролу від 50000 до 300000. Добувають речовину радикальною полімеризацією мономеру у присутності ініціатора:



❖ На даний час у промисловості використовується метод так званої *суспензійної полімеризації стиролу*. Він дозволяє отримати гранульований полістирол з виключно високими електроізоляційними властивостями.

✚ Полістирол використовують у електроніці, як ізоляційний матеріал у кабельній індустрії, з нього виготовляють деталі електро- і радіоапаратури.



Рис. 67. Вироби з полістиролу

✚ З полістиролу виготовляють облицювальні

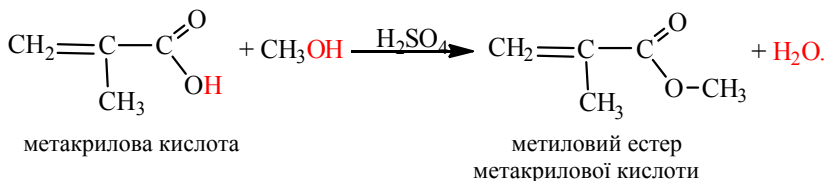
і звуко- та теплоізоляційні плити, деталі для багатьох медичних приладів, одноразовий посуд, дитячі іграшки, захисні шоломи тощо.

Добуто *полістирол з підвищеною ударною в'язкістю*. Це розширює сфери його застосування, бо усувається основний недолік полістиролу – низька ударна міцність. У процесі добування полістиролу часто додають речовини – *спінувачі*. При цьому одержують дуже легкий матеріал – *пінополістирол*, який використовують як тепло- і звукоізоляційний матеріал у будівництві, холодильній техніці, для трубопроводів тощо.

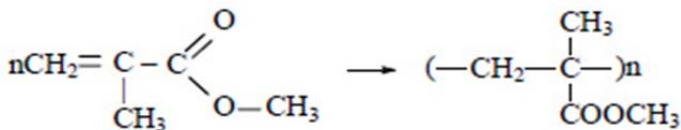
Полістирол – термопластичний полімер.

Поліметилметакрилат

Вихідною речовиною для добування полімеру слугує метиловий естер метакрилової кислоти. Його добувають шляхом взаємодії метакрилової кислоти з метанолом:



Процес полімеризації метилметакрилату проходить по схемі:



Поліметилметакрилат відомий під назвою *органічного скла*.

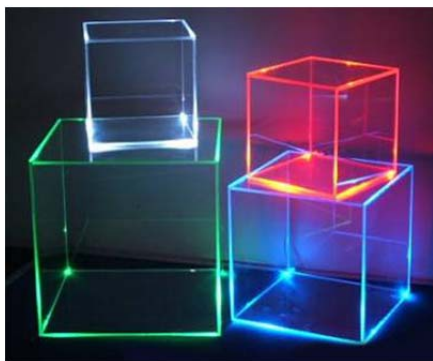


Рис. 68. Використання органічного скла

Це прозора, скловидна, легка, світлостійка речовина, що не розбивається при ударі, стійка до агресивних середовищ.

Полімер розчиняється у бензені, ацетоні, оцтовій кислоті. При підпалюванні загоряється. Проте, при горінні не утворює токсичних речовин.

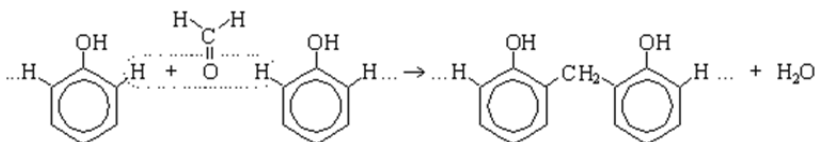
Органічне скло піддається механічній обробці. З нього виготовляють скло для літаків,

суден, автомобілів, різноманітних склотехнічних виробів, лінз, використовують у лазерній техніці.

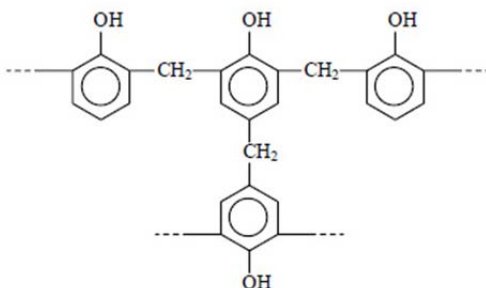
Фенолоформальдегідні пластмаси

Фенолоформальдегідну смолу, що є основою пластмас, синтезують шляхом реакції поліконденсації фенолу з формальдегідом у присутності кислотних або лужних каталізаторів.

При цьому, залежно від умов проведення процесу добувають як термореактивний, так і термопластичний полімер. Побічним продуктом цієї реакції є вода:



Якщо реакція проходить при підвищеній температурі, утворюється неплавкий, нерозчинний продукт просторової структури:



Фенолоформальдегідні смоли – основа так званих *фенопластів*.

Полімери такої структури стійкі до дії хімічних реагентів, водостійкі, володіють високими діелектричними властивостями.

Фенолопласти широко використовують як замітники кольорових і чорних металів в електротехніці, автомобільній, хімічній промисловості, у виробництві предметів домашнього вжитку.

За об'ємом виробництва фенопласти займають одне з ведучих місць у загальному виробництві пластмас.

Проте, у процесі експлуатації виробів деякі фенопласти виділяють токсичні речовини. Ця особливість не може не вплинути на об'єми їх подальшого виробництва.

Завдання для самоконтролю

1. У чому полягає різниця між мономерами і структурними ланками?
2. Як добути полівінілхлорид, якщо є тільки природні неорганічні матеріали?
3. Яка технологія виробництва ударостійкого полістирену та пінополістирену?
4. Чи можна деталі, виготовлені з текстоліту, знову переробити у монолітний виріб методом гарячого пресування?
5. Один з найпоширеніших мономерів для виробництва пластмас є сполука, яка містить С, Н, Сl. Це рідина з відносною густиною пари за воднем 31,25. Яка це речовина? Складіть рівняння реакції її добування і полімеризації.
6. Який об'єм етилену (етену) потрібний для одержання 2 т поліетилену?

Тестові завдання

1. Найважливішими видами сировини для добування мономерів і полімерів є:
а) кам'яне вугілля і торф; б) нафта, супутні і природні гази;
в) пірит і нафта; г) природні та супутні гази, торф.
2. Які речовини використовують для добування фенолоформальдегідної смоли:
а) $C_6H_5-NH_2$, $HCOOH$; б) C_6H_5-OH , $HCOOH$;
в) $C_6H_5-NH_2$, $HCHO$; г) C_6H_5-OH , $HCHO$?
3. Вкажіть полімер, який добувають реакцією співполімеризації:
а) полівінілхлорид; б) полістирол;
в) фенолоформальдегідні смоли; г) поліметилметакрилат.
4. Вкажіть мономер для добування полівінілхлориду:
а) $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$; б) $CH_3-CH(CH_3)-Cl$;
в) $CH_2=CHCl$; г) $CH_2=Cl_2$.
5. Композити – це:
а) матеріали, що складаються з органічних полімерів;
б) матеріали, що складаються з пластичної основи та наповнювача;
в) матеріали, утворені на основі кераміки;
г) газонаповнені матеріали.

6.3. СИНТЕТИЧНІ КАУЧУКИ

6.3.1. Історична довідка

З натуральним каучуком ви знайомились при вивченні теми «Алкадієни» (2.9.6). Нагадаємо, що його добувають з молочного соку тропічного дерева гевеї та деяких інших каучуконосів.

Ще у XIX столітті англійський хімік М. Фарадей (1826) визначив хімічний склад натурального каучука. Згодом його послідовниками встановлено, що макромолекула цієї сполуки утворена молекулами ізопрену (2-метилбут-1,3-дієну) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}(\text{CH}_3) = \text{CH}_2$.

Після відкриття американськими ученими Ч. Гуд'єром (1839) і Т. Генкоком (1843) процесу вулканізації, каучук потрапляє у Європу і починає все ширше використовуватись у різних галузях промисловості.

➤ *Дайте визначення процесу вулканізації. З допомогою яких хімічних зв'язків відбувається «зшивання» макромолекул каучука і перетворення його на гуму?*

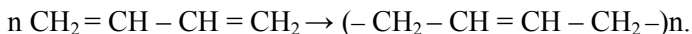
Початок XX століття – період швидкого розвитку нових галузей промисловості. Тому гостро постало питання збільшення виробництва каучука і надання йому нових властивостей, зокрема тепло- і морозостійкості.

Отже, перед ученими виникло завдання добування *синтетичного* каучука. Перший завод з виробництва синтетичного каучука був побудований у м. Леверкузені (Німеччина) у 1927 році. Під дією металевого натрію Вальтеру Боку вдалось полімеризувати алкадієн 2,3-диметилбут-1,3-дієн. Новий продукт назвали *метилкаучук*. Вироби з нього боялись високих і низьких температур, а покриття, вироблені з так званого метилкаучука, стирались у десятки разів швидше. Крім того, продукт був дуже дорогим. Через 2 роки завод закрили.

Важливий вклад у розвиток проблеми синтезу каучука вніс радянський хімік С. В. Лебедев. Учений вивчав ізопрен, бутадієн та ще 14 сполук цього класу. Оскільки способи добування дешевого ізопрену були ще не розроблені, С. В. Лебедев працював з іншим дієновим вуглеводнем – *бутадієном* (бут-1,3-дієном).

На той час бутадієн вже добували не тільки з нафти, але й за допомогою реакції *дегідрування* і *дегідрації етилового спирту*, яка проходить при пропусканні пари спирту над сумішшю відповідних каталізаторів:

Полімеризація бутадієну проводиться у присутності металевого натрію як каталізатора :



Перший завод з виробництва бутадієнового каучука у Радянському Союзі вступив в експлуатацію у 1932 році.

Каучук, добутий таким способом, мав добру газо- і водонепроникність, а для підвищеної міцності його вулканізували.



Сергій Васильович

Лебедєв

(1874-1934)

радянський хімік

Академік, професор Ленінградської військово-медичної академії. У науковому доробку ученого – розвиток теорії хімічної будови О. М. Бутлерова, дослідження у галузі переробки нафти.

С. В. Лебедєв розробив способи добування бутадієну та бутадієнового каучука. Під його керівництвом збудований і працював перший у країні завод з виробництва синтетичного каучука.

6.3.2. Синтетичні каучуки, їх класифікація і використання

Отже, синтетичний каучук – високомолекулярний каучукоподібний матеріал. Його отримують полімеризацією або співполімеризацією *бутадієну, стиролу, ізопрену, хлоропрену, ізобутилену, нітрилу акрилової кислоти* тощо.

➤ *Вкажіть формули згаданих речовин, згадайте класи органічних сполук, до яких вони належать.*

Подібно до натуральних, синтетичні каучуки мають довгі макромолекулярні ланцюги, інколи розгалужені з середньою молекулярною масою, що дорівнює сотням тисяч і навіть мільйонів.

Полімерним ланцюгам у більшості макромолекул синтетичних каучуків характерні подвійні зв'язки. При їх вулканізації виникає просторова сітка, завдяки якій утворюється гума.

Чи відомо вам, що ...

Для одержання 1000 т натурального каучука необхідно обробити біля 3 млн тон каучуконосних дерев і затратити на це протягом року працю 5,5 тис. людей.

Таку ж кількість синтетичного каучука можуть отримати на підприємстві протягом року 15 чол.

Хімічна промисловість випускає два види каучуків: загального і спеціального призначення. Перший тип – каучуки *загального призначення*, для яких важливим є еластичність (шини, транспортні стрічки, взуття, іграшки).

Каучуки *спеціальні* повинні мати, крім еластичності, ряд специфічних властивостей: стійкість проти дії розчинників, кислот, нафтопродуктів, кисню, тепло- і морозостійкість тощо.

Схема 13



Синтетичні каучуки знаходять досить широке застосування. Номенклатура гумових виробів на основі синтетичного каучука налічує близько 50 000 назв. Найбільше синтетичних каучуків використовує шинна промисловість (більш як $\frac{1}{2}$ загального використання), машинобудівна (виготовлення деталей для автомобілів, тракторів та інших машин).

Чи відомо вам, що ...

На сучасному легковому автомобілі використано деталей із синтетичних каучуків загальною масою до 250 кг, на сучасному літакові – до 600 кг, а військовому кораблі – до 70 тонн.

Широко використовують синтетичні каучуки для виробництва технічних виробів, гумового взуття, прогумових тканин, побутових гумових виробів, медичних товарів та ін. В електротехніці використовують каучуки для ізоляції проводів і оболонок кабелів. Рідкі каучуки – для виготовлення клеїв, антикорозійних матеріалів, як зв'язуючу речовину при виготовленні твердого ракетного палива.



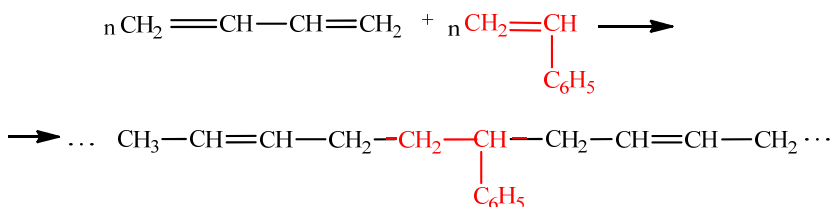
Рис. 69. Вироби з синтетичних каучуків

6.3.3. Види синтетичних каучуків

Згідно класифікації розглянемо деякі види синтетичних каучуків.

Бутадієн-стиреновий каучук

Його одержують реакцією співполімеризації бутадієну і стирену:



Це найкращий каучук загального призначення завдяки високій стійкості до стирання і наповнюваності. Цей вид синтетичного каучука має більш високу, у порівнянні з натуральним, паро- і водонепроникність.

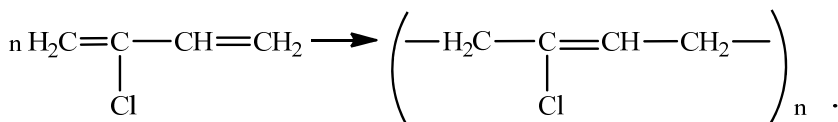
Бутилкаучук

Цей вид синтетичного каучука являє собою продукт співполімеризації *ізобутилену* з невеликою кількістю *ізопрену*. Бутилкаучук має ряд переваг над натуральним і бутадієновим каучуками. Він володіє високою здатністю утримувати повітря. Автомобільні камери з бутилкаучука зберігають вихідний тиск повітря у 8-10 разів довше, ніж аналогічні камери з натурального каучука. Це підвищує термін експлуатації їх шин на 10-18%.

Крім того, бутилкаучук теплостійкий, стійкий до дії окисників, має хороші діелектричні властивості.

Хлоропреновий каучук

Хлоропреновий каучук – еластична світло-жовта маса – один із самих дешевих синтетичних каучуків. Його одержують реакцією полімеризації хлоропрену:

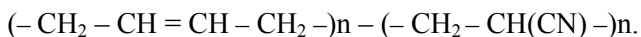


Основні властивості: стійкість до відкритого вогню, відмінна властивість склеюватись з тканинами і металом, стійкість до стирання та дії озону.

✚ Використовують для виробництва конвеєрних лент, рукавів, шлангів, водолазних костюмів, клеїв, електроізоляційних матеріалів.

Бутадієн-нітрильний каучук

Синтетичний полімер – продукт співполімеризації бутадієну з акрилонітрилом:



✚ Використовують для виробництва маслобензостійких технічних виробів (прокладок, рукавів), які працюватимуть у воді, маслах, розчинниках, а також для виробництва гуми, що проводить електричний струм.

Лабораторний дослід № 17

Порівняння хімічних властивостей каучука і гуми

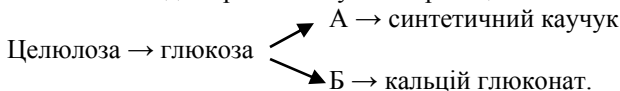
Роздивіться видані вам зразки каучуків і гуми. Придивіться на їхній зовнішній вигляд, колір. Перевірте обидва зразки на еластичність, зробіть спробу розірвати обидві стрічки.

Запишіть відповідні письмові висновки.

Завдання для самоконтролю

1. Назвіть два види, на які поділяють синтетичні каучуки. З якими факторами пов'язаний цей розподіл?
2. Наведіть рівняння реакцій полімеризації: а) бутадієну; б) ізопрену; в) хлоропрену.
3. У чому відмінність між такими властивостями, як пластичність і еластичність?
4. Складіть рівняння реакції співполімеризації бутадієн-стиренового каучука, взявши до уваги регулярне чергування у макромолекулі ланок, утворених вихідними речовинами.
5. Складіть рівняння реакції співполімеризації бут-1,3-дієну і нітрилу акрилової кислоти, наведіть структурну формулу цього каучука.

6. Який об'єм етилену (н. у.) потрібний для одержання 1 т поліхлорвінілу?
7. Обчисліть масову частку виходу бутадієну (дивінілу) з етилового спирту, якщо з 166,7 м³ спирту з масовою часткою C₂H₅OH 96% ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$) одержано 100 кг бутадієнового каучука.
8. Визначте невідомі речовини у схемі реакції:



Тестові завдання

1. Вкажіть формулу структурної ланки бутадієн-стиренового каучука:

- а) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$;
- б) $\left(-\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}_2} - \right)_n$;
- в) $-\text{HC} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 -$;
- г) $\text{H}_2\text{C} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$.

2. Які властивості каучука найважливіші при виготовленні автомобільних шин:

- а) висока хімічна стійкість;
- б) стійкість щодо дії розчинників;
- в) еластичність;
- г) зносостійкість;
- д) велика механічна міцність.

3. Вкажіть каучук, на основі якого виготовляють гуму з підвищеною стійкістю до стирання:

- а) бутадієновий каучук;
- б) бутадієн-нітрильний каучук;
- в) бутадієн-стиреновий каучук;
- г) феноло-формальдегідна смола.

6.4. СИНТЕТИЧНІ ВОЛОКНА

6.4.1. Загальна характеристика волокон

Людина здавна користувалась волокнами для виготовлення ниток. З ниток виготовляли і виготовляють тканини, а з тканин – різноманітний одяг.

З бавовни і льону виготовляють добротні бавовняні і льняні тканини, з вовни окремих тварин – шерстяні, з ниток коконів шовковичного і китайського дубового шовкопрядів – натуральні шовкові тканини.

Класифікацію волокон, їх загальну характеристику та технологію виробництва окремих з них, зокрема штучних, ви розглядали раніше (4.12). Лише нагадаємо, що хімічні волокна поділяються на штучні і синтетичні. Штучні волокна одержують з природних високомолекулярних сполук, як правило, з целюлози. Синтетичні волокна одержують з синтетичних високомолекулярних сполук.

Хімічні волокна мають ряд серйозних переваг перед натуральними.

По-перше, виробництво хімічних волокон вимагає значно менших затрат праці, ніж виробництво натуральних волокон.

По-друге, виробництво хімічних волокон не залежить від природних, географічних та кліматичних умов і може швидко нарощувати свої потужності. Так, наприклад, ТОВ «Т-Стиль», засноване на базі Рівненського льонокомбінату у 2008 р, випускає за добу понад 10 т продукції. Щоб отримати таку кількість натурального волокна з бавовни, потрібно зібрати урожай з 5 тис. гектарів.

По-третє, у даний час створені такі штучні і синтетичні волокна, які за міцністю, еластичністю, термо- та хімічною стійкістю перевершують натуральні.

6.4.2. Види синтетичних волокон

У штучних волокнах основу становить готовий природний полімер, який переводять у розплавлений стан і за допомогою

спеціальних установок під невеликим тиском з нього формують волокна.

Синтетичні волокна одержують з вуглеводневої сировини (нафти, кам'яного вугілля, природного газу). З цих низькомолекулярних сполук спершу добувають полімер, який у подальшому перетворюють на волокно.

Виробництво синтетичних волокон розпочато лише у 60 рр. XX ст. Проте із-за доступності і дешевизни сировини та зростаючого попиту на вироби, їх виробництво у світі зростає випереджаючими темпами.

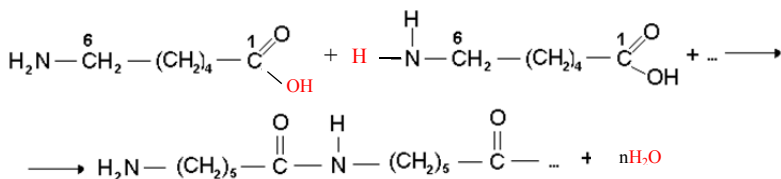
Серед синтетичних волокон нині поширеними є *поліамідні, поліестерні, поліакрилонітрильні, полівінілхлоридні* і інші.

Поліамідні волокна

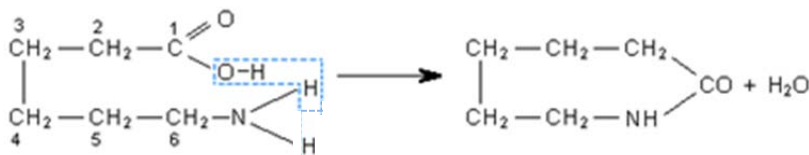
Поліамідні волокна щодо багатьох показників перевершують усі природні і штучні волокна. До найбільш поширених серед них, які випускає сучасна легка промисловість, відносяться *капрон, нейлон і енант*.

Капрон – синтетичний полімер, який одержують реакцією поліконденсації з ϵ -амінокапроновою кислотою.

Спрощено рівняння реакції виглядає так:



В умовах виробництва амінокапронову кислоту беруть з **капролактаму** – похідної, яку можна розглядати як продукт внутрішньомолекулярної взаємодії карбоксильної і аміногрупи:



ϵ -амінокапронова кислота

капролактаму

У процесі синтезу полімеру цикли у місці амідних зв'язків розриваються, сполучаючись при цьому у лінійну макромолекулу.

Полімер являє собою смолисту речовину. Технологія формування волокна аналогічна штучним волокноам (див. 4.12.5). Смолу піддають розплав у сталевих апаратах при температурі 260-270° С у атмосфері азоту. Відфільтрований під тиском розплав поступає у фільтри. Утворені після виходу з фільтрів волокна охолоджують у шахті і намотують на бабіни.

Волокно капрон за зовнішнім виглядом нагадує натуральний продукт. Проте, за міцністю, стійкістю проти стирання та багаторазових деформацій перевершує як природні, так і натуральні волокна.

З капронових ниток виготовляють канати, риболовні сітки, комбіновані волокна, триконтанні вироби. Проте, капрон нестійкий до нагрівання, дії кислот і лугів та негігроскопічний.

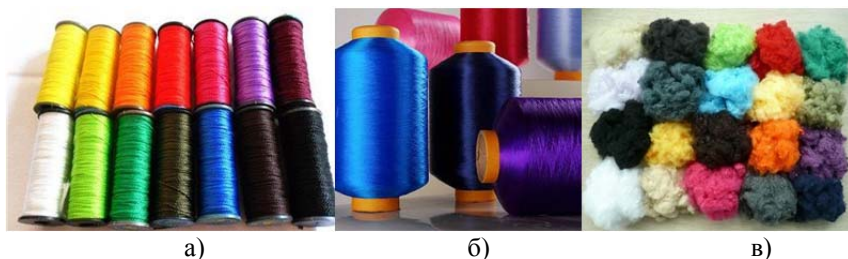
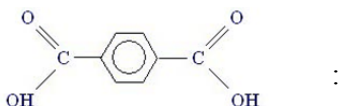


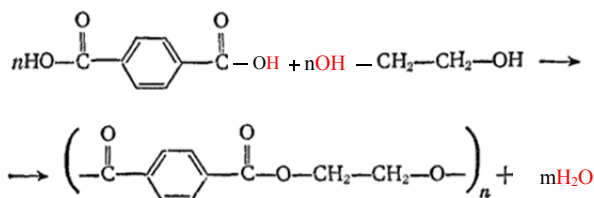
Рис. 70. Тканини і вироби з синтетичних волокон
а) капронове; б) нейлонове; в) енантове

Поліестерні волокна

Найбільше значення з поліестерних волокон має волокно *лавсан*.

Лавсан – синтетичне волокно, яке отримують реакцією поліконденсації двоатомного спирту етиленгліколю (етандіолу) $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$ і двоосновної ароматичної тетрафталевої кислоти





Технологія виробництва волокна лавсан з добутої смоли аналогічна технології виробництва капрону. Волокна, при цьому, скручують у нитки і направляють на подальшу переробку.

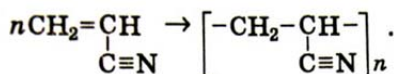
Волокно лавсан надзвичайно міцне, термостійке, стійке до атмосферних впливів, до дії агресивних рідин. Проте, нитки з лавсану мають невисоку гігроскопічність, тому їх змішують з бавовняним, льняним волокном або вовною.

✚ Лавсан використовують для виробництва шин, транспортних ліній, нафтостійких шлангів, риболовних тралів та електроізоляційних матеріалів. З комбінованих тканин, головним компонентом у яких є лавсан, виготовляють верхній одяг, штучне хутро, трикотаж а також гардинно-тюлеві вироби.

Поліакрилонітрильні волокна

Характерною їх ознакою є термостійкість, стійкість проти дії світла і атмосферних впливів, висока міцність і еластичність.

Волокно *нітрон* добувають з продукту полімеризації акрилонітрила:



✚ Поліакрилонітрильні волокна з успіхом використовують для виготовлення дешевого і красивого штучного хутра, яке не боїться молі і атмосферних впливів, шерстяних і трикотажних виробів, різноманітних тканин, риболовних сіток тощо.

Полівінілхлоридні волокна

Типовим представником цієї групи синтетичних волокон є хлорин.

Хлорин – волокно, сформоване з хлорованого полівінілхлориду. Процес проводять, пропускаючи газуватий хлор крізь розчин полівінілхлориду у тетра-хлоретані при 60-100° С або хлорбензені при 150° С.

Перхлоровінілова смола –

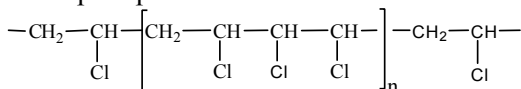


Рис. 71. Тканини і вироби з синтетичних волокон

містить близько 65% хлору і значно краще розчиняється, ніж полівінілхлорид.

✚ Волокна використовують в основному для технічних цілей: фільтрувальні тканини, транспортерні стрічки тощо.

Чи відомо вам що...

Волокно **хлорин** використовують для виготовлення так званої «медичної білизни». Білизна, виготовлена з хлорину, що є діелектриком, при терті об шкіру викликає утворення великих електростатичних розрядів. У багатьох випадках це полегшує самопочуття хворих, які хворіють на ревматизм, радикуліт і інші хвороби хребта і суглобів.

Лабораторний дослід № 18

Відношення синтетичних волокон до нагрівання, дії кислот та лугів

Дослід І. Невеликі зразки синтетичних волокон: поліамідного (капрон, нейлон), поліестерного (лавсан), поліакрилонітрильного (нітрон) розміщуємо по одному в пробірці у двох різних штативах. Синтетичні волокна в одному штативі обробляємо концентрованим розчином нітратної кислоти, в іншому – концентрованим розчином натрій гідроксиду. Дослідіть дію кожної з кислот на взірці синтетичних тканин.

Дослід II. Визначаємо відношення синтетичних волокон до нагрівання за характером горіння. По черзі спалюємо невеличкі зразки кожного із згаданих синтетичних волокон, запам'ятовуємо швидкість горіння, запах газів, що виділяються при цьому, агрегатний стан і властивості залишку.

Одержані результати спостережень заносимо у таблицю:

Назва волокна	Зовнішній вигляд	Проба на нагрівання	Проба на горіння	Дія концентрованої HNO_3	Дія концентрованого NaOH

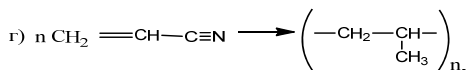
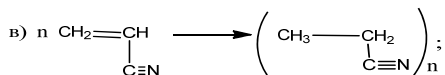
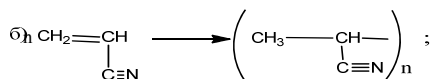
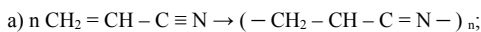
Завдання для самоконтролю

1. Що спільного і чим відрізняються між собою штучні і синтетичні волокна?
2. Волокно нейлон синтезують рівнянням реакції поліконденсації двоосновної адипінової кислоти $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$ і гексаметилендіаміну $\text{H}_2\text{N} - \text{R} - \text{NH}_2$. Напишіть рівняння реакції. До якої групи, згідно з класифікацією, відноситься це волокно?
3. Чим пояснюється висока хімічна стійкість хлорину?
4. Поліетилентерефталат – термопласт, з якого добувають синтетичне волокно лавсан. Його отримують реакцією поліконденсації етиленгліколю (етандіолу) $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$ з терефталевою кислотою. Напишіть рівняння відповідної реакції.
5. Підрахувати масову частку хлору у мономері хлорину і порівняти її з масовою часткою хлору у полівінілхлориді.

Тестові завдання

1. Чому лляні та бавовняні тканини не електризуються:
 - а) бавовна не поглинає вологу, а тому і не накопичує електричні розряди;
 - б) бо вони мають високу електропровідність;
 - в) бо вони виготовлені з природної сировини;
 - г) бо вони поглинають вологу, що сприяє стіканню електричних розрядів?

2. Вкажіть волокна, які накопичують позитивні заряди:
 а) капрон, нейлон; б) ацетатне волокно, шовк;
 в) нейлон, нітрон; г) капрон, лавсан.
3. Поліакрилонітрил використовують для виготовлення волокна нітрон. Його добувають полімеризацією акрилонітрилу $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \equiv \text{N}$, схема якої:



Розділ 7. РОЛЬ ХІМІЇ У ЖИТТІ СУСПІЛЬСТВА

7.1. ХІМІЯ І СУЧАСНЕ МАТЕРІАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО

7.1.1. Значення хімії у створенні нових матеріалів і речовин

Поступово протягом тисячоліть людина підкорювала сили природи, проникала у надра Землі і Світового океану, створювала знаряддя і засоби виробництва матеріальних благ, добувала за допомогою хімічних реакцій все нові і нові хімічні речовини, які використовувала у медицині, промисловості, сільському господарстві, побуті тощо.

Із середини XX століття розпочато синтез речовин, яких у природі не існувало.

Сучасна хімія випускає понад 50% продукції, якої ще 30 років назад не існувало. Серед них полімери.

Полімери (від грецького *polimeres* – «багато частин») – *сполуки з відносною молекулярною масою від кількох тисяч до кількох мільйонів а.о.м., які, як вам відомо, добувають реакціями полімеризації і поліконденсації.*

Їх властивості бувають самі різноманітні і залежать від відносної молекулярної маси, хімічного складу, структури макромолекул. Пластмаси у багатьох галузях промисловості замінили метал, скло, папір.

Більш 80% світової продукції електротехнічної промисловості випускається з використанням полімерів. У машинобудуванні ця цифра сягає 1/5.

Як вам відомо, синтетичні каучуки та синтетичні волокна є полімерами. Із полімерів виготовляють одяг, взуття, посуд, іграшки, прикраси тощо.

Барвні речовини. До середини XIX століття вживались барвники рослинного або тваринного походження. Найважливіший з них – *червоний* – з кореня морени та *індиго синій* – з листя індигоноски.

Проте, вже на кінець XIX століття природні барвники були цілком замінені синтетичними. Виникла нова аніліно-фарбна промисловість. Тепер відомо багато тисяч синтетичних барвників. З них у промисловості вживається кілька сотень.

За способом використання розрізняють такі групи барвників:

- ◆ *барвники, які фарбують бавовняні волокна;*
- ◆ *барвники для шерсті;*

- ◆ *барвники, якими фарбують натуральну шерсть;*
- ◆ *барвники для штучних і синтетичних волокон;*
- ◆ *барвники для лакофарбної і поліграфічної промисловості.*

Їх широко використовують у текстильній, шкіряній, паперовій, поліграфічній та харчовій промисловостях, при виробництві пластмас, фотоматеріалів тощо.

Лікарські речовини. Вже у давнину в народній медицині використовувалась велика кількість лікарських засобів рослинного і тваринного походження. Сировиною для їх виготовлення були *морська цибуля, наперстянка, конвалія, м'ята, горицвіт, рицина* тощо.

В міру розвитку хімії люди переконалися, що лікувальний ефект цих рослин полягає у вибіркового впливі на організм окремих хімічних сполук, що містились у цих організмах.

Пізніше такі сполуки стали отримувати у хімічних лабораторіях шляхом синтезу.

Успіхи хімії, медицини, фізіології, інших природничих і технічних наук у другій половині XIX століття зробили можливим синтез значної кількості речовин, що не існували у даному поєднанні, але володіли терапевтичною силою (*антипірін, пірамідон, плазмоцид, ацетилсаліцилова кислота* і сотні інших).

У 1891 р. німецький хімік і бактеріолог Пауль Ерліх розробив теорію застосування хімічних сполук для боротьби з інфекційними захворюваннями.

В наш час медицина отримала велику кількість лікарських речовин: *жарознижуючі, протиревматичні, протизапальні, бактеріоциди, антибіотики* і ін.

Як сировину для одержання лікарських препаратів використовують:

- ◆ *рослини (листки, кору, корені, квітки, насіння) і продукти їхньої переробки (соки, ефірні олії, смоли);*
- ◆ *тваринну сировину (органи, залози, жири, віск);*
- ◆ *викопну органічну сировину (нафта і нафтопродукти, продукти перегонки кам'яного вугілля);*
- ◆ *органічні сполуки – продукти хімічної промисловості (аліфатичні, ароматичні, гетероциклічні);*
- ◆ *біологічно активні природні сполуки – алкалоїди, вуглеводи та глюкозиди (гормони, вітаміни).*

Гормони (від грецького *hormao*іо – «рухаю», «збуджую») – *біологічно активні речовини, які виділяються залозами*

внутрішньої секреції у кров і лімфу і регулюють найважливіші функції організму (беруть участь у регуляції обміну речовин, діяльності ендокринних залоз, підтриманні гомеостазу тощо).

Збільшення або зменшення виробництва гормонів призводить до захворювань ендокринних залоз.

Багато з гормонів синтезовано (тироксин, адреналін, глюкогон, кортизон, вазопресин тощо). Існує окрема галузь промисловості з виробництва гормонів.

Вітаміни – це низькомолекулярні органічні сполуки, необхідні для нормальної життєдіяльності організму.

Вітаміни потрапляють в організм з продуктами харчування. Як правило, синтез вітамінів в організмі не відбувається.

Вітаміни захищають генний апарат від пошкоджень фізичними і хімічними факторами, впливають на процеси тканинного дихання, стабілізують клітинні мембрани, регулюючи їх вибірккову проникливість.

Відомо понад 20 водо- і жиророзчинних вітамінів, багато з яких добуто синтетично.



Рис. 72. Вітамін С

7.1.2. Біотехнології. Генна і клітинна інженерія

Біотехнологія – використання живих організмів і виробничих процесів у промисловому виробництві.

Біотехнологія виникла на стику біологічних, хімічних і технічних наук.

Ще у стародавні часи людина використовувала біотехнологічні процеси під час випікання хліба, виробництві кисломолочних продуктів, виноробстві. У середині XIX століття Луї Пастер довів зв'язок процесів бродіння з діяльністю мікроорганізмів. Таким чином, біотехнологія була поставлена на наукову основу.

У 40-50 рр. XX століття розпочалась ера антибіотиків. Наслідком цієї події був розвиток мікробіологічної промисловості.

За участю мікроорганізмів скисає молоко, виготовляють сири, пиво. Мікроорганізми виробляють основну кількість лимонної кислоти, ферменти та біополімери. При виробництві кормів також використовують штами мікроорганізмів (силос, кормові дріжджі).

Реакціями бродіння одержують *етилен, етанол, бутанол, ацетон, біогаз* тощо.

Створені популяції грибів, які здатні синтезувати кормові білки з відходів рослинництва, нафти та продуктів її переробки.

Відомі і використовуються штами мікроорганізмів, які можуть вилучати дорогоцінні метали, а також сполуки рідкоземельних елементів з їх руд і промислових відходів.

У сільському господарстві шкідливі для людини фунгіциди і інсектициди замінюють біопрепаратами.

Властивість окремих гетеротрофних бактерій і грибів розкладати органічні сполуки використовується для очищення навколишнього середовища і, у першу чергу, стічних та промислових вод і ґрунтів від промислового забруднення.

Штучні популяції окремих видів паразитичних круглих червів і комах використовують у біологічному методі боротьби з шкідниками сільського і лісового господарства.

У 60-70 роки XX століття почала бурхливо розвиватись генна і клітинна інженерія.

Генна інженерія – це прикладна галузь молекулярної генетики та біохімії.

Чи відомо вам, що...

З розвитком генної інженерії все частіше стали проводити різні досліді над тваринами, в результаті яких вчені домагалися своєрідної мутації організмів.

Так, наприклад, компанія Lifestyll Pest створила за допомогою генної інженерії гіпоалергічного кота, названого Ашера ГД. В організм тварини був введений ген, що дозволяв «обходити» захворювання стороною.



Її завдання – це розробка методів перебудови геномів організмів. Ці методи передбачають синтез генів поза організмом, виділення з

клітини та перебудова окремих генів, копіювання та розмноження виділених і синтезованих генів, введення генів у геном інших організмів тощо.

Генна інженерія знаходить широке практичне застосування у таких галузях народного господарства як мікробіологічна, фармацевтична, харчова промисловості та сільське господарство.

Клітинна інженерія – галузь біотехнології, у якій застосовуються методи виділення клітин з організму і перенесення їх на штучні поживні середовища, де продовжується їх життєдіяльність.

Її завданням є отримання соматичних клітин різних видів, створення культурних клітин або тканин для одержання цінних речовин.

7.1.3. Нанотехнології

Нанотехнологія – міждисциплінарна наука, у якій вивчаються закономірності фізичних і хімічних систем, що мають розміри від кількох нанометрів до часток нанометра.

Нагадуємо, що нанометр – це мільярдна частка метра ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Діаметр людської волосини, наприклад, становить близько 80 тисяч нанометрів.

Нанотехнологія – це наука і технологія колоїдних систем, це колоїдна хімія, колоїдна фізика, молекулярна біологія та мікроелектроніка.

Принципова відмінність колоїдних систем, до яких належать хмари, кров людини, молекула ДНК чи білків у тому, що поверхня таких частинок або величезних молекул у мільйони разів перевищує обсяг самих частинок.

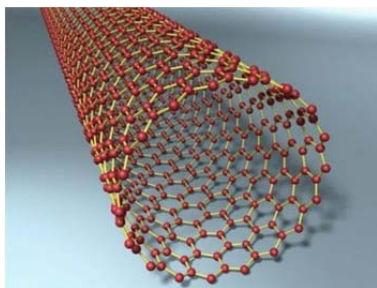


Рис. 73. Вуглецеві нанотрубки

Властивості наносистем багато в чому відрізняються від властивостей систем, що складаються з тих же самих атомів і молекул.

Наприклад, наночастинки платини набагато ефективніше очищають автомобільні вихлопи від токсичних забруднень, ніж звичайні платинові каталізатори.

Одношарові і багатошарові графічні циліндри нанометрової товщини (*вуглецеві нано-трубки*) прекрасно проводять електричний струм і у майбутньому можуть стати заміною мідним дротам (рис. 73).

Нанотрубки дозволяють створити композитні матеріали виняткової міцності і принципово нові напівпровідникові пристрої (рис. 74).

На сучасному етапі нанотехнології використовують під час виробництва особливих сортів скла, на яких не осідає бруд (*застосовують в автота авіабудуванні*), під час виробництва чорнил, для виробництва одягу, який неможливо забруднити і пом'яти тощо.

У даний час є дослідні зразки наноконтейнерів для доставки ліків до уражених органів і нановипромінювачів, що знищують злоякісні пухлини, для створення матеріалів, необхідних при лікуванні опіків і ран.

Особливі надії на нанотехнології покладають фахівці у галузі електроніки та інформаційних технологій. У 1965 р. можна було вмістити на одному чипі лише 30 транзисторів. У 1971 р. – дві тисячі. Нині один чип містить 40 млн транзисторів величиною 130-180 нанометрів.

Нанотехнології здатні здійснити революцію у сільському господарстві. Молекулярні роботи можуть виробляти їжу, замінивши сільськогосподарських рослин і тварин. Наприклад, теоретично можливо виробляти молоко прямо з трави, минаючи проміжну ланку – корову.

Крім вуглецевих нанотрубок, відомі інші матеріали, розроблені на

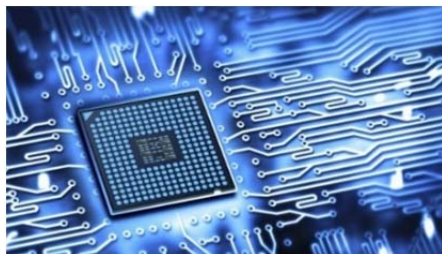


Рис. 74. Транзистор, що може контролювати окремі електрони

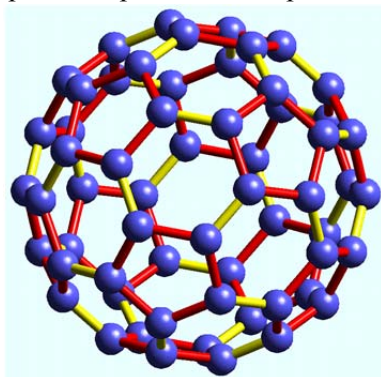


Рис. 75. Модель молекул фулерену C₆₀

основі наночасток. Серед них так звані *фулерени* – молекулярні сполуки, що належать до алотропних форм Карбону і становлять опуклі замкнені багатогранники (C_{60} і C_{70}).



Рис. 76. Штучні корали, що можуть очистити океани від токсичних забруднень

Іншим матеріалом такого типу є *графен* – одинарний шар атомів Карбону, що має високу рухливість при кімнатній температурі. Учені вважають, що з часом він витіснить кремній (Силіцій), на використанні якого ґрунтується сучасна мікроелектроніка.

Завдання для самоконтролю

1. Які властивості полімерів покладені в основу їх практичного використання у багатьох галузях народного господарства?
2. Складіть схеми промислових синтезів на основі вуглеводневих газів – метану CH_4 , етену C_2H_4 та етину C_2H_2 .
3. В Україні прийнято закон «Про державну систему біобезпеки під час здійснення генетично-інженерної діяльності». Обґрунтуйте необхідність появи цього закону.
4. Вихідною речовиною для виробництва сульфатної кислоти слугує сірка. Масова частка домішок у сировині 0,4%. Цех за добу виробляє 450 т 100% H_2SO_4 . Який об'єм повітря витрачено на виробництво сульфатної кислоти?

7.2. ХІМІЯ І ГОСПОДАРСЬКІ ПРОБЛЕМИ

7.2.1. Значення хімії у розв'язанні сировинної проблеми

У зв'язку з бурхливим розвитком промисловості у XX столітті різко збільшився обсяг добування і переробки корисних копалин. За останні 50 років багатьох корисних копалин було добуто більше, ніж за всю історію людства.

Тепер у світі щорічно вилучається й переробляється більше 100 млрд тон гірських порід, понад 3 млрд тон нафти і 2 млрд тон природного газу. Кожних 10-11 років потреба у сировині

подоваюється. Щоб переробити таку кількість сировини, потрібно десятки мільярдів тон кисню і по 2,5-3 млрд тон вугілля і нафти в рік, як палива.

Процес добування Алюмінію, Феруму, лужних і лужноземельних металів сьогодні, як правило, ведуть на великих глибинах. Процес одержання окремих елементів, що задіяні у технологічних процесах, є нерентабельними.

Невідповідність між запасами і масштабами споживань окремих видів сировини висуває перед хіміками проблеми раціонального їх використання.

Найголовнішими серед них є:

1. Комплексне використання сировини. При цьому переробляють усі компоненти, що входять до складу речовини у корисні продукти.

2. Регенерація і рециркуляція речовин. Регенерація – відновлення попередніх властивостей раніше використаних матеріалів (мастил, розчинників, гуми).

Рециркуляція – багаторазове використання різних видів сировини. У найбільшій мірі це стосується металів і сплавів.

3. Розвідання і застосування дешевої сировини, створення штучних родовищ. Згадайте процес використання мікроорганізмів для відновлення металів, окиснення метану у вугільних шахтах.

4. Використання відходів сировини. Так, наприклад, щоб переробити папір потрібно на 50% менше енергії, ніж при його виготовленні з деревовидної чи інших видів сировини.

З 120-130 тон консервних банок можна добути 1 тону олова, для добування якого потрібно було б 400 тон руди.

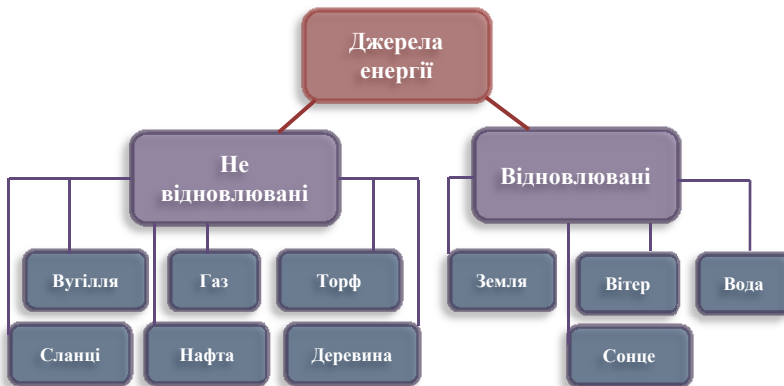
Із 1 тони побутових відходів можна добути 150 л ацетону, метан, водень, смоли, деревний оцет, біля 160 л нафти тощо.

5. Створення промислових комбінатів, при яких відходи одного виробництва стають сировиною для іншого.

7.2.2. Значення хімії у розв'язанні енергетичної проблеми

Забезпечення енергією є найважливішою умовою соціально-економічного розвитку країни, її промисловості, сільського господарства, транспорту, сфер культури і побуту.

З основними джерелами енергії, їх видами можна ознайомитися, роздивившись схему 14.



У різних країнах енергетичну проблему розв’язують по-різному. *Завдання хіміків потурбуватися про максимальне і комплексне використання паливних ресурсів, вторинне використання теплоти, повне використання енергії промислових хімічних реакцій.*

Останніми десятиліттями традиційні (не відновлювальні) джерела енергії дуже швидко виснажуються. У найближчі роки їх питома вага поступово скорочуватиметься. Хіміки вважають, що у майбутньому (приблизно ще 20-25 р.) нафта ще зберігатиме свою позицію лідера. Але її внесок в енергоресурси помітно скоротиться і буде компенсуватися збільшеним внеском вугілля, газу, водневої енергетики, ядерного пального, енергії Сонця, земних глибин та інших видів відновної енергетики, включаючи біоенергетику.

Ознайомимось з окремими джерелами відновлюваної (альтернативної) енергії:

1. Енергія Сонця

Утворення покладів вугілля, нафти, природного газу, сланців відбулось у свій час завдяки сонячній енергії. Усього за 3 дні Сонце посилає на Землю стільки енергії, скільки її міститься в усіх відомих запасах корисних копалин разом узятих. Більша частина цієї енергії розсіюється або поглинається атмосферою і лише 1/3 досягає Земної поверхні.

Сонячна енергія, яка падає на поверхню одного озера, еквівалентна потужній електростанції.

Чи відомо вам що...

У середині XVIII ст. французький природодослідник Ж. Бюфон за допомогою дзеркала у сонячний день міг запалити дерево на відстані 68 км.

Дещо пізніше у Франції було виготовлене дзеркало, у фокусі якого за 16 секунд можна було розплавити чавунний стержень.

В Англії виготовили спеціальне скло, за допомогою якого чавун плавиться через 3 секунди, а граніт – через хвилину.

Основні незручності для практичного використання сонячної енергії у наших географічних широтах полягають у низькій щільності її надходження. Крім того, для дзеркал-геліостатів необхідні великі площі земної поверхні.

У 2011 р. у Криму завершено будівництво найбільшої у світі сонячної електростанції. Її потужність становить 7,5 МВт. Після пілотного проекту у Криму проектується або розпочате будівництво сонячних електростанцій у Вінницькій, Луганській, Черкаській і Одеській областях.

2. Атомна енергія



Рис. 77. Рівненська атомна електростанція

Джерелом атомної енергії є внутрішня енергія атомного ядра, пов'язана з взаємодією і рухом елементарних частин – протонів і нейтронів. Ядерна енергія у мільйони разів перевищує енергію, що виділяється в екзотермічних хімічних перетвореннях. Ядерні реакції супроводжуються поділом важких і утворенням легких ядер.

Перший проект ядерного реактора розроблений французьким фізиком Ж. Кюрі (1938).

Перший атомний реактор у Європі побудований під керівництвом академіка І. Курчатова (1946).

В енергетиці України генеруючі потужності атомних електростанцій становлять 24,5%. У критичні зимові періоди на частку АЕС припадає до 40% виробленої електроенергії.

Електроенергію виробляють 15 діючих енергоблоків на 4-х атомних електростанціях. Серед них: Запорізька (6000 МВт), Південноукраїнська (3000 МВт), Рівненська (3000 МВт) та Хмельницька (2000 МВт).

За атомною енергетикою майбутнє. Проте масштабні катастрофи на АЕС в Україні, Японії, США ставлять перед ученими-атомщиками завдання: вжити і покращити заходи щодо забезпечення безаварійної роботи.

3. Енергія води

Енергія води – це енергія зосереджена у потоках водних мас.

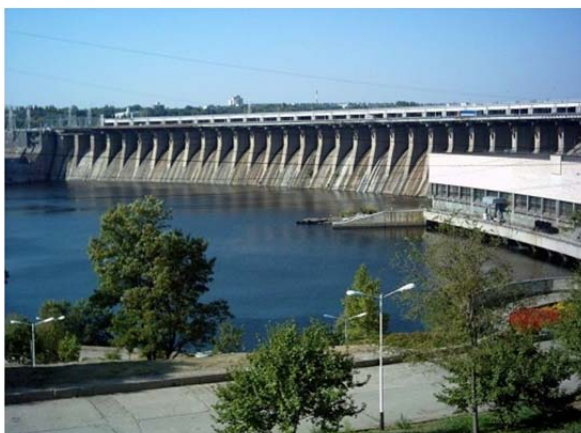


Рис. 78. Енергія води

Для потреб людини найчастіше використовується енергія падаючої води. Величина цієї енергії перебуває у прямій залежності від висоти падіння.

Для підвищення різниці рівнів води, особливо у нижніх течіях річок, споруджують греблі.

Енергія води є привабливою, оскільки вона є значно дешевшою від енергії, яку отримуємо при спалюванні палива чи ядерної енергії.

Виробництво енергії з використанням енергії водоспадів почалось у середині XIX століття.

Нині у світі працюють десятки тисяч ГЕС. Проте це поки що невелика частинка гідроенергетичного потенціалу Землі.

Величезні запаси енергії містить Світовий океан. Це енергія сонячного випромінювання, поглинута океанською водою, енергії морських течій, хвиль, прибою, енергія різниці температури різних шарів води.

Крім того, це енергія тяжіння Місяця і Сонця, яка викликає морські припливи і відпливи.

Хвильові електростанції побудовані і працюють у Норвегії. На узбережжі Ла-Маншу побудована електростанція, що використовує енергію припливів і відпливів, а на тихоокеанському острові Нуру діє електростанція, що використовує різницю у температурі нагрітого тропічним сонцем поверхневого шару й холодного придонного. Проте, ця галузь енергетики тільки зароджується.

4. Енергія вітру

Енергія вітру здавна використовується людиною. Відомо, що вітряки використовувались у Китаї, Персії ще за 200 років до нашої ери. Цей вид енергії нині задіяний у Данії, США, Нідерландах, Канаді, Іспанії, Греції.

Енергія вітру у нашій країні використовується в Миколаївській та Херсонській областях, у Криму.

5. Біометаногенез

У ряді країн використовують сільськогосподарські відходи, екскременти тварин, каналізаційні і промислові стоки. При цьому за анаеробних умов під дією бактерій добувають метан. Так, наприклад, Бразилія, використовуючи подібні способи, економить нафту і розв'язує проблему екологічного забруднення. У Румунії використовується біогаз як пальне для тракторів. В Індії, Китаї, Філіпінах вже розроблена така енергетична програма.

Завдання для самоконтролю

1. Дайте визначення, що таке матеріали?
2. Що таке сировина?
3. Що ви розумієте під поняттям «комплексна переробка»?
4. Що таке поняття «регенерація»?
5. Які альтернативні джерела енергії ви знаєте?

7.3. ХІМІЯ І ГОСПОДАРСЬКІ ПРОБЛЕМИ (ПРОДОВЖЕННЯ)

7.3.1. Хімія і продовольча проблема

Співвідношення чисельності населення та обсягу продуктів харчування визнане однією з найважливіших глобальних проблем людства. Вперше на актуальність проблеми співвідношення росту населення і продовольства вказав англійський економіст і публіцист Томас Мальтус (1766-1833). За розрахунками експертів ООН, щоб уникнути економічної катастрофи, чисельність населення Землі не повинна перевищувати 10-15 млрд жителів.

Інший напрям до виживання населення – це збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Його можна здійснювати двома шляхами.

Перший – це збільшення кількості посівних площ (50-ті роки – СРСР, 70-ті роки – США, Канада). Проте, за таке ставлення до себе Земля миттєво відреагувала пиловими бурями, втратою гумусу, погіршенням ґрунту.

При збалансованому підході до ведення сільського господарства і водночас збереження довкілля встановлено, що прийнятний відсоток сільськогосподарських угідь на Землі не повинен перевищувати 1/3 їх суходолу.

Отже, збільшення кількості орних площ може привести до бажаних наслідків лише частково.

Другий – це інтенсифікація сільського господарства, його зближення з промисловим виробництвом. Цей шлях включає в себе застосування прогресивних агроприймів, поліпшення родючості шляхом меліорації, введення в експлуатацію нових сортів культурних рослин та порід сільськогосподарських тварин.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва також включає в себе використання мінеральних добрив, засобів захисту рослин (пестицидів та інсектицидів), стимуляторів росту та штучних кормів для сільськогосподарських тварин.

Для зберігання харчових продуктів учені-хіміки пропонують нові ефективні та безпечні консерватори, емульгатори, стабілізатори тощо.

Крім того, важливим напрямком вирішення проблеми нестачі харчових продуктів є перехід від «зеленої» революції до революції генетичної. Запровадження досягнень біотехнології стане істотним внеском у вирішенні продовольчої проблеми.

7.3.2. Роль хімії у розв'язанні екологічних проблем

Хімічна промисловість є джерелом істотного забруднення довкілля. Вона вирізняється складними багатостадійними процесами. Під час виробництва утворюється велика кількість побічної продукції, яка не завжди може бути використана як вторинні ресурси, а накопичується у вигляді відходів. У багатьох випадках відходи вимагають повного знищення через їх надмірну токсичність.



Рис. 79. Забруднення водних ресурсів

Більшість хімічних підприємств належать до водомістких. Їх функціонування супроводжується великою кількістю стічних вод з високим вмістом хлороорганічних сполук, кислот і лугів. Скидання їх безпосередньо у водойми та міську каналізаційну мережу заборонено. Тому на території кожного хімічного підприємства чи поблизу нього утворюються великі шлаконакопичувачі чи ставки-відстійники. З роками хімічні сполуки цих підприємств забруднюють ґрунти, просочуються у підземний водоносний горизонт і попадають у мережу Світового океану. Склад води при цьому різко погіршується; 70% нерестилищ у Світовому океані стали непридатними для виживання мальків. За останні два десятиліття кількість живих організмів в океані зменшилась вчетверо.

Практично кожне підприємство хімічної промисловості є серйозним забруднювачем довкілля. Так, наприклад, нафтопереробний завод розсіює викиди вуглеводнів у радіусі 25 км. Завод штучного волокна викидає в атмосферу тисячі тон метиленхлориду та ацетону на рік.

За даними ООН в атмосферу щорічно викидається 110 млн тон сульфур (IV) оксиду SO_2 , 70 млн тон нітроген (IV) оксиду NO_2 , 180 млн тон карбон (IV) оксиду CO_2 , 70 млн тон неочищених отруйних газів, 60 млн тон завислих часток, 700 тис. тон фреонів, 100 тис тон токсичних хімікатів.

Щорічно кисню в атмосфері зменшується на 10 млрд тон. Спостерігається значна деформація озонового шару Землі через попадання у верхні шари атмосфери нітроген (IV) оксиду NO_2 , бром та хлорорганічних сполук, які розкладають озон O_3 на кисень O_2 .

У повітрі циркулюють створені людиною отруйні речовини, які призводять до мутагенного забруднення. Сьогодні понад 10% немовлят народжуються із спадковими дефектами.

Великої шкоди довкіллю завдають кислотні дощі, які утворюються унаслідок взаємодії атмосферної вологи з продуктами неповного згорання палива на ТЕЦ, промислових підприємствах, в автомобільних двигунах. Сульфатна і нітратна кислоти у вигляді дрібних краплин переносяться на величезні відстані і випадають кислотними дощами.

Екологічні збитки від кислотних дощів становлять понад 4% від валового національного продукту, який виробляє людство.

Отруйний тютюновий дим забруднює повітря у сотні тисяч разів інтенсивніше, ніж будь-який металургійний завод чи хімічний комбінат. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) від хвороб, спричинених палінням, вмирає 1,5 млн чоловік, а витрати на лікування, пов'язані з цим злом, сягають 100 млрд доларів щорічно.

Чи відомо вам, що...

- Кожної години зникає 5-6 видів рослинного чи тваринного світу, 55 чоловік отруюються й гинуть від пестицидів і інших хімічних речовин.
- На Землі хімічною промисловістю, енергетикою і транспортом поглинається стільки кисню, скільки його вистачило б для життя більше 45 млрд людей.
- З середини XVI століття до середини XX століття споживання людством заліза зросло у 5000 разів. І темпи його видобування подвоюються кожні 10 років.
- Балтійська тріска містить до 800 мг ртуті на 1 кг маси, тобто 5-6 рибин містить таку кількість ртуті, як медичний термометр.
- Щорічно в океан потрапляє кілька мільярдів тон рідких і твердих відходів.

Для вирішення проблем охорони довкілля необхідно здійснити комплекс заходів, багато з яких розв'язуються хімічними методами. Найважливіші напрямки робіт, що проводяться з метою зниження негативного впливу виробничої діяльності, такі:

1. *Заміна вугілля на газове паливо, розроблення методів обов'язкового очищення палива.*

2. *Розробка і створення маловідходних і повністю безвідходних технологій. Для його успішного вирішення необхідно проводити повну очистку усіх викидів, утилізувати і повертати назад у виробництво усі відходи і побічні продукти.*

3. *Розробка технологій, за якими найекономніше витрачається сировина, паливо, енергетичні ресурси. Економічні технології істотно знижують навантаження на довкілля.*

4. Вилучення домішок з води і газів, їх переробка на певні продукти. Такі системи є на більшості підприємств, але їх ефективність часто не дуже велика.

5. Створення виробничих процесів, в яких не використовуються шкідливі хімічні речовини. Там, де це неможливо, треба шукати шляхи заміни більш шкідливих речовин на менш шкідливі.

6. Розробка технологій переробки твердих відходів. Багато твердих відходів містять відходи пластмас, металів, скла, паперу і є джерелом сировини для виробництва будівельних матеріалів.

Завдання для самоконтролю

1. Як ви розумієте поняття «інтенсифікація сільськогосподарського виробництва»?

2. Що таке поняття «рециркуляція»?

3. Які відомі вам види забруднення довкілля?

4. Що таке поняття «парниковий ефект», «кислотні дощі»?

5. Назвіть заходи, які, на вашу думку, зменшують негативний вплив підприємств хімічної промисловості на атмосферу і гідросферу?

6. Для очистки коксового газу від CO_2 , 100 м^3 (н. у.) пропустили через розчин натрій гідроксиду, взятий у надлишку. Утворилось $2366 \text{ г Na}_2\text{CO}_3$. Визначте об'ємну частку карбон (IV) оксиду у коксовому газі.

7. Попіл зі стебел соняшника містить цінний елемент – Калій. Масова частка калій гідроксиду у попелі становить 40%. Яку масу Калію вносять у ґрунт при використанні 100 кг такого попелу?

8. Щомісяця в усьому світі спалюється приблизно $1,25 \cdot 10^8 \text{ т}$ вугілля, масова частка Карбону у якому становить 80%. Який об'єм вуглекислого газу (н. у.) утворюється за 1 добу, якщо місяць має 30 діб?

9. Масова частка плюмбум тетраетилу $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ у бензині становить 0,01%. При згорянні бензину у двигуні в навколишнє середовище попадає 90% Плюмбуму. Яка маса Плюмбуму попадає у довкілля при згорянні 50 кг бензину?

7.4. ХІМІЯ І ПОБУТ

7.4.1. Хімія у побуті

Протягом 7-10 тисячоліть люди використовували у побуті природні речовини: *жири, віск, глину, пісок, смоли, ефірні масла, бальзами, природні барвники* тощо.

Так, скіфські жінки натирали тіло *пастою* із *води, ладану* і *витяжки* кедра чи *кіпарису*. На сході у якості розчинника використовували *оливкову олію*.

Стародавні римляни використовували *смолу* і *бджолиний віск* для змазування човнів і кораблів. Греки, римляни і єгиптяни відбілювали тканину за допомогою *сонячних променів*.

У VI столітті до н. е. навчилися варити із тваринного жиру і деревесного попелу *мило*. Французький король Людовік XV започаткував виробництво *туалетного мила*. У другій половині XX століття починають використовувати *мийні засоби*.

Вже у I столітті до н. е. римські агрономи застосовували мінеральні добрива.

Нині щороку у світі виробляють до 30 млн тон товарів побутової хімії. Їх поділяють на такі основні групи:

- *синтетичні мийні засоби;*
- *засоби особистої гігієни;*
- *засоби для чистки (посуду, вікон, килимів, дзеркал);*
- *засоби для боротьби з побутовими комахами, гризунами, лакофарбні матеріали, хімічні засоби захисту рослин, біостимулятори росту, мінеральні добрива.*

До хімічних препаратів, що використовуються у побуті можна віднести:

- *кислоти (оцтова, щавлева, лимонна);*
- *луги (нашати́рний спирт, гашене вапно);*
- *солі (кухонна сіль, питна сода, калій перманганат);*
- *розчини і розчинники (бензин, ацетон, гліцерол);*
- *мінерали (крейда, вапняк, гіпс);*
- *полімери (поліети́лен, поліпропі́лен, полісти́рол тощо);*
- *волокнисті матеріали (капрон, лавсан, поліестерні волокна).*
- *порошки («Tide», «Лотос», «Астра», «Екстра»).*

7.4.2. Правила поводження з побутовими хімікатами

1. Засоби побутової хімії повинні зберігатися у недоступному для дітей місці, окремо від ліків і харчових продуктів. Кожен хімічний препарат повинен зберігатись у заводській упаковці з інструкцією про правила використання.
2. Перед застосуванням отруйних речовин проти домашніх комах і гризунів з кімнати забрати дітей і домашніх тварин, а продукти харчування помістити у герметичний посуд. Через 2-3 години після використання отрутохімікатів приміщення провітрити, а поверхню меблів протирати теплою водою з милом.
3. Аерозольні балони не повинні давати дітям навіть порожніми, не можна зберігати їх біля джерел тепла.
4. Не можна тримати розчинники на світлі, особливо при дії прямих сонячних променів. Не можна змішувати різні розчинники.
5. Потрібно уникати попадання препаратів на одяг, руки, навколишні предмети. У разі забруднення слід негайно витерти пролите, одяг зняти та провітрити, руки ретельно вимити з милом.
6. Слід враховувати сумісність зберігання. Деякі засоби при контакті стають вибухонебезпечні, виділяють тепло або шкідливі гази.

Лабораторний дослід № 19

Виявлення деяких неорганічних і органічних речовин у складі ужиткових продуктів

Реактиви і обладнання: штативи, пробірки, колби мірні, стакани, індикатори, луги, сильні кислоти, Купрум (II) гідроксид, амоніачний розчин Ag_2O , спиртовий розчин йоду.

Хід роботи

- Завдання 1. Виявлення лугів і кислот у мийних засобах.
Завдання 2. Виявлення карбонатів у зубній пасті.
Завдання 3. Виявлення гліцеролу у шампуні.
Завдання 4. Виявлення глюкози у виноградному сокові.
Завдання 5. Виявлення крохмалю у концентраті киселю.
Завдання 6. Виявлення білка у яєчному порошок.

Опишіть умови, за яких проходять якісні реакції виявлення передбачуваних речовин, напишіть відповідні рівняння реакцій, зробіть потрібні висновки.

Завдання для самоконтролю

1. Мило, як відомо, є лужною сіллю вищих жирних кислот. Які ще складники містить цей кінцевий продукт?
2. Пральні і мийні препарати, крім ПАР, містять так звані активні добавки та ензими. Назвіть їх, вкажіть їх роль при використанні таких засобів.
3. Які речовини називаються абразивами? До яких мийних засобів їх додають як добавки? Чому?

7.5. ХІМІЯ І ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

7.5.1. Хімія і стан здоров'я людини

Хімія, зокрема органічна, найтісніше пов'язана з медициною. Дуже багато різноманітних лікарських засобів, якими володіє сьогодні медицина, є, як правило, органічні сполуки. Хіміки-органіки у співдружності з медиками, мікробіологами та фармацевтами змогли не тільки встановити будову багатьох природних сполук, які використовують у медицині, а й синтезувати багато лікарських препаратів, які не знає природа, проте спроможних вилікувати багато хвороб.

Ліки є різні. Скільки хвороб – стільки і ліків. Лікарські препарати класифікують за їх лікувальною дією. Одні з них мають протимікробну дію (наприклад, сульфаніламідні препарати: *стрептоцит*, *норсульфазол*, *фталазол* і ін.). Інші допомагають зняти біль (*ацетилсаліцилова кислота*, *аспірин*, *парацетамол*, *анальгін*).

Існують ліки, які впливають на роботу серця і кровоносних судин (*нітрогліцерин*, *дикор ЛОНГ*).

Отримано антигістамінні препарати для лікування алергічних захворювань, протипухлинні – для лікування злоякісних новоутворень, психофармакологічні, що впливають на психічний стан людини тощо.

Винайдений засіб і методику лікування, які дозволяють повністю інактивувати РНК і ДНК-віруси, а також знищувати ракові клітини не викликаючи мутації здорових.

За ступенем ризику для здоров'я людини хімічні препарати поділяють на:

- ♦ **канцерогени** – речовини, що можуть спричинити онкологічні захворювання;

- ♦ **мутагени** – речовини, які можуть зумовити зміни у генах, що призводять до змін у функціях організму.
- ♦ **репротоксичні речовини** – речовини, що спричиняють розлади репродуктивної функції або внутрішньоутробного розвитку плоду.

Хіміки надають медицині різноманітні полімерні матеріали. Їх використовують під час операцій на кістках і суглобах, як різні протези внутрішніх органів (кровоносних судин, стравоходу, жовчних ходів, клапанів серця), для створення складних медичних приладів (апарат «штучне серце», «штучні легені», «штучна нирка»), для виготовлення шприців одноразового використання, систем переливання крові тощо.

7.5.2. Вплив шкідливих звичок на здоров'я людини



Паління. Дим сигарети містить близько 8000 шкідливих компонентів, 80 з яких стимулюють утворення ракових клітин, близько 30 відносяться до отрут.

Сьогодні у світі від хвороб, пов'язаних з палінням, щороку помирає близько 5-ти мільйонів осіб. Люди, що почали палити до

15-ти років, помирають від раку легень у 5 разів частіше, ніж ті, хто почав палити після 25-ти.

Смертельна доза нікотину для дорослого – пачка, випалена зразу. Для молодого організму, що розвивається – півпачки. Частіше всього підліток починає палити через вплив оточення – компанія, реклама.

Смертність від раку легень на 100 тисяч населення, які не палять 3,4%, палять сигарети – 11,4%, палять люльку – 28,1%, палять сигари – 78,6%.

Алкоголь також небезпечний для організму продукт. Про це ми вас інформували (див. 4.3.5). Додамо лише, що при вживанні будь-якого алкогольного напою шлунок адсорбує 20%, інші 80% засвоюються кишечником. Потім кров розносить алкоголь по усьому організмові. Згодом приблизно 90% алкоголю переробляється у печінці, нирками, потовими залозами. Нагадуємо, що любителів алкоголю чекає хронічне захворювання на алкоголізм, підвищений тиск, ураження ЦНС, печінки, підшлункової залози, деградація особистості.

Наркотичні речовини – речовини (переважно отруйні) рослинного і штучного походження, які сильно впливають на центральну нервову систему.

Людина легко звикає до цих речовин, потрапляє у психічну і фізичну залежність від них, втрачає інтерес до життя, а потім гине.

Якщо ви дбаєте про своє здоров'я і здоров'я близьких людей, то маєте відмовитись від згаданих шкідливих звичок сам і переконати друзів та знайомих наслідувати ваш приклад.

7.5.3. Місце хімії серед наук про природу, її значення для розуміння наукової картини світу

До природничих наук, крім хімії, належать фізика, біологія, фізична географія, астрономія і деякі інші науки.

Між природничими науками немає чітких меж. Особливо тісно пов'язана хімія з фізикою. Згадайте, що такі поняття як «*атом*», «*молекула*», «*кристали*», «*гази*», «*рідини*» вивчають у курсі обох цих наук.

Інший приклад: відкривати і вивчати нові види атомів колись було прийнято вважати завданням хіміків. Однак, з відомих

сьогодні видів атомів частина була відкрита хіміками, а частина – фізиками.

Нині, заглибившись лише у єдину з галузей людського життя, ми не зможемо розібратись в улаштуванні навколишнього світу.

Усі природничі науки при вивченні природи спираються на фізичні закони. Фізичні закони – це найбільш загальні закони природи, яким підпорядковуються усі матеріальні об'єкти, в тому числі і хімічні частинки.

Отже, хімія, вивчаючи атоми, молекули, хімічні речовини та їх перетворення, має у повному обсязі опиратись на закони фізики. У свою чергу біологія і геологія, вивчаючи свої об'єкти, зобов'язані використовувати як фізичні, так і хімічні закони.

Хімія – абсолютно самостійна частина природознавства. Однак, ця єдина, по суті наука поступово розділилася на дрібніші частини, кожна з яких має свої предмети і методи дослідження.

Так, предметом **неорганічної хімії** є вивчення будови, властивостей, їх взаємодії та розробка загальних методів одержання неорганічних сполук.

Органічна хімія – це наука, як вам відомо, що вивчає сполуки Карбону з іншими елементами, як природними, так і синтетичними.

Аналітична хімія – наука, про визначення хімічного складу і частково будови речовин.

На межі досягнень фізичних і хімічних явищ виникла **фізична хімія** – наука про загальні закони, що вивчають будову і перетворення речовин у різних умовах.

Розширення і поглиблення математичних методів у хімії дозволяє говорити про формування **математичної хімії**.

Усе більше стираються межі між хімією та іншими природничими науками.

Біохімія – наука, що вивчає хімічний склад і структуру речовин, що містяться у живих організмах, шляхи та способи регуляції їх перетворень, енергетичне забезпечення цих процесів.

На початку XX століття наш співвітчизник, хімік, мінералог В. І. Вернадський розробив основи **геохімії** – науки про поширення і міграцію хімічних елементів на Землі.



Володимир Іванович Вернадський (1863-1945)

Філософ українського походження, природознавець, мислитель, засновник геохімії, біогеохімії та радіогеології. Академік Петербурзької академії наук, професор Московського університету. Один із засновників Української академії наук, дійсний член та її перший голова-президент. Засновник Національної бібліотеки України у Києві. Організатор та директор Радієвого інституту (1922-1939), Біохімічної лабораторії (1929). Дійсний член Чеської академії наук.

Поряд з фізичною хімією виникла **хімічна фізика** – наука, що вивчає фізичні закони, які управляють будовою і перетворенням хімічних речовин.

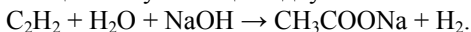
У ході еволюції хімії утворилась нова інженерна галузь – **хімічна технологія**. Ця наука розробляє найбільш економічні і екологічно доцільні методи й засоби переробки сирих природних матеріалів на продукти споживання. Хімічна технологія базується на тих самих явищах, законах і теоріях, використовує ті самі методи, що і природничі науки.

Хімія як наука про речовини і їх перетворення має важливе значення для пояснення основи наукової картини світу. Хімічні реакції відбуваються між гірськими породами, повітрям і водою, в організмах рослин і тварин, на різних небесних тілах у космосі.

Таким чином, не можна зрозуміти процеси, які відбуваються у природі не знаючи основних законів хімії, які керують цими процесами, навіть поза нашим впливом на них.

Завдання для самоконтролю

1. Гідрогенсульфід, який міститься у відхідних газах деяких хімічних виробництв, окиснюють до сірки. Напишіть рівняння цієї реакції й обчисліть, яку масу сірки можна одержати з відхідного газу об'ємом 100 м^3 (н. у.). Об'ємна частка гідрогенсульфіду у якому становить 80%.
2. Гранично допустимий вміст фенолу у місцях водокористування складає $0,001 \text{ мг/л}$. У водоймище місткістю $5 \cdot 10^5 \text{ м}^3$ було скинуто зі стічними водами 150 кг фенолу. Підрахуйте у скільки разів концентрація фенолу у водоймищі перевищуватиме гранично допустиму.
3. При спалюванні на ТЕЦ вугілля, що містить домішки сірки, утворюється сульфур (IV) оксид, 2% якого потрапляє в атмосферу. Визначте об'єм SO_2 (н. у.), який потрапляє в атмосферу при спалюванні на ТЕЦ 2000 тон вугілля з масовою часткою сірки 0,3%.
4. У XIX столітті був розроблений метод добування натрій ацетату безпосередньо з ацетилену. Реакція відбувається за схемою:



Яку масу натрій ацетату можна одержати з ацетилену, який добули з кальцій карбіду масою $90,35 \text{ кг}$, масова частка домішок у якому становить 15%?. Вихід солі становить 90%.

Відповіді до задач

Розділ II. Вуглеводні.

2.2.13. – 64 г; **2.5.1.** – C_6H_{14} ; **2.5.4.** – C_6H_6 ; **2.5.5.** – $C_{10}H_{20}$; **2.6.13** – $NaHCO_3$, 1,26 г; **2.7.8.** – C_3H_6 – 169 г, C_4H_8 – 233,7 г; **2.8.1.** – C_3H_6 ; **2.8.2.** – C_3H_8 ; **2.8.3.** – C_3H_8 ; **2.8.4.** – $C_6H_{12}O_6$; **2.8.5.** – C_3H_8 ; **2.8.6.** – CH_4 ; **2.9.10.** – C_4H_6 ; **2.9.11.** – 2,95 г; **2.9.12.** – 33,75 кг; **2.10.11.** – 33,5 л; **2.10.12.** – 80%; **2.10.13.** – C_5H_8 ; **2.11.6.** – 2,3 г $C_6H_5CH_3$ і 13,5 г HNO_3 ; **2.11.7.** – C_6H_6 ; **2.12.7.** – 16,4 г – C_7H_7Br , HBr – 12,15 г, Br_2 – 8 г; **2.12.8.** – 145,5мл.

Розділ III. Природні джерела вуглеводнів.

3.1.8. – $10,1\text{ м}^3$; **3.1.9.** – $5,2\text{ м}^3$; **3.3.10** – 34,6 кг.

Розділ IV. Оксигеновмісні органічні сполуки.

4.1.9. – CH_3OH ; **4.1.10.** – 8000 л; **4.2.9.** – 80%; **4.2.10.** – 4,84 л; **4.4.11.** – 91,8%; **4.4.12.** – 11,6 г; **4.5.11.** – 179,2 г; **4.5.12.** – 204,5 мл; **4.5.13.** – $W(HCHO)$ – 9,8%, $W(CH_3 - CHO)$ – 90,2%; **4.6.13.** – 14,73 л; **4.6.14.** – C_3H_7COOH ; **4.6.15.** – C_2H_5OH – 7,5 г; **4.7.8.** – 44,8 л; **4.7.9.** – 8,46 г $C_{17}H_{33}COOH$, 11,54 г $C_{17}H_{35}COOH$; **4.7.10.** – 74,4%; **4.8.10.** – 39,6 г; **4.8.11.** – 53,5 г C_2H_5OH , 46,5 г CH_3COOH , $W(CH_3COOC_2H_5)$ – 80%; **4.9.10.** – 2,2 т; **4.9.11.** – 74,4%; **4.9.12** – $A - C_3H_5(OH)_3$, $B - C_{17}H_{33}COOH$, $B - C_3H_7COOH$; **4.10.10.** – 83,3%; **4.10.11.** – $C_6H_{12}O_6$; **4.11.11.** – $6,72\text{ м}^3$; **4.12.10.** – 202,8 кг; **4.12.11.** – 41,85% $C_6H_{12}O_6$ і 58,15% $C_{12}H_{22}O_{11}$; **4.13.7.** – 38,73%; **4.13.8.** – 180 г.

Розділ V. Нітрогеновмісні органічні сполуки.

5.1.8. – 20,4 л; **5.1.9.** – 0,18%; **5.2.9.** – 39,5 кг; **5.2.10.** – 1,87 кг; **5.3.11.** – 0,27 моль; **5.5.9.** – 0,27 моль; **5.5.10.** – 6,425 кг.

Розділ VI. Синтетичні високомолекулярні сполуки.

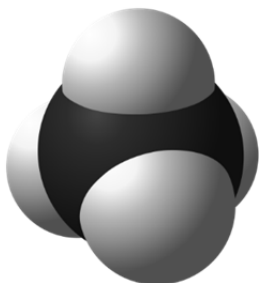
6.3.6. – $358,4\text{ м}^3$; **6.3.7.** – 0,075%; **7.1.4.** – $1042,5\text{ м}^3$; **7.4.6.** – 0,5%; **7.4.7.** – 33,2 кг; **7.4.8.** – $6,2 \cdot 10^9\text{ м}^3$; **7.4.9.** – 2,95 г; **7.5.1.** – 114,3 кг; **7.5.2.** – 300 разів; **7.5.3.** – $8,4\text{ м}^3$; **7.5.4.** – 88,56 кг; **7.5.5.** – 18 кг.

Додатки

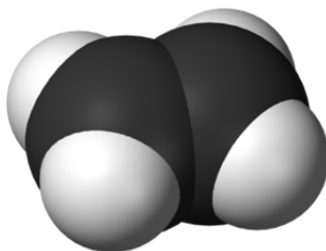
ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ Д. І. МЕНДЕЛЄЄВА

ГРУПИ ЕЛЕМЕНТІВ										VIII	
PERIOD	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX	X
1	H 1,0079 Гідроген							He 4,0028 Гелій	2 1s ²		Назва хімічного елемента
2	Li 6,941 Літій	Be 9,01218 Берилій	B 10,811 Бор	C 12,01 Карбон	N 14,007 Азот	O 15,999 Оксиген	F 18,998 Флуор	Ne 20,179 Неон	10 [He]2s ²		Назва хімічного елемента
3	Na 22,990 Натрій	Mg 24,305 Магній	Al 26,982 Алюміній	Si 28,085 Силіцій	P 30,974 Фосфор	S 32,066 Сульфур	Cl 35,453 Хлор	Ar 39,948 Аргон	18 [Ne]3s ²		Назва хімічного елемента
4	K 39,098 Калій	Ca 40,078 Кальцій	Sc 44,956 Скандій	Ti 47,88 Титан	V 50,942 Ванадій	Cr 51,996 Хром	Mn 54,938 Манган	Fe 55,847 Залізо	36 [Ar]3d ⁶ 4s ²	Co 58,933 Кобальт	Ni 58,69 Нікель
5	Rb 85,468 Рубідій	Sr 87,62 Стронцій	Y 88,906 Йттрій	Zr 91,224 Цирконій	Nb 92,906 Ніобій	Mo 95,94 Молибден	Tc 98,906 Технетій	Ru 101,07 Рутеній	45 [Kr]4d ⁸ 5s ¹	Rh 102,91 Родій	Pd 106,42 Паладій
6	Cs 132,91 Цезій	Ba 137,33 Барій	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Nd 144,24 Неодім	Pm 144,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	54 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін
7	Fr 223,02 Францій	Ra 226,02 Радій	Ac 227,03 Актиній	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	86 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій
8	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
9	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
10	Ac 227,03 Актиній	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Bk 247,07 Беркелій	Es 252,08 Ейнштейній
11	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
12	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
13	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
14	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
15	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
16	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
17	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
18	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
19	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
20	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
21	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
22	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
23	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
24	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
25	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
26	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
27	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
28	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
29	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
30	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
31	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
32	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
33	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
34	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
35	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
36	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
37	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
38	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
39	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
40	Th 232,04 Торій	Pa 231,04 Протактиній	U 238,03 Уран	Np 237,05 Нептуній	Pu 244,06 Плутоній	Am 243,06 Америцій	Cm 247,07 Курій	Bk 247,07 Беркелій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Cf 251,08 Каліфорній	Es 252,08 Ейнштейній
41	La 138,91 Лантан	Ce 140,91 Церій	Pr 140,91 Прометій	Sm 150,36 Самарій	Eu 151,96 Євродій	Gd 157,25 Гадолін	Tb 158,93 Тербій	Dy 162,50 Диспрозій	86 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Ho 164,93 Голандій	Er 167,26 Ербій
42	Th 232,04										

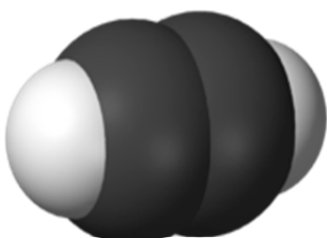
Моделі молекул органічних речовин



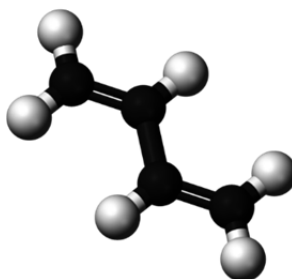
Метан



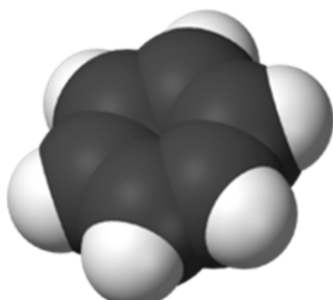
Етен



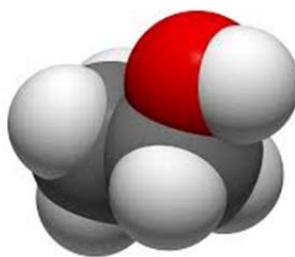
Етин



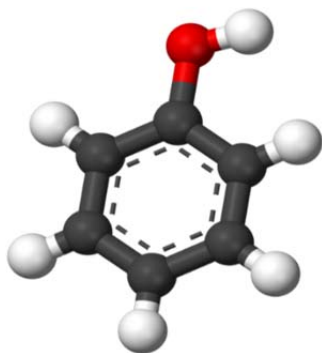
Бутадієн



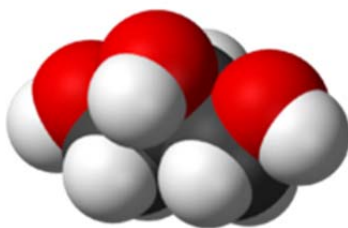
Бензен



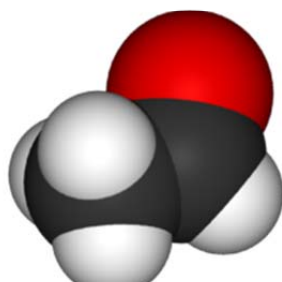
Етанол



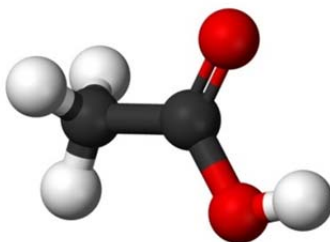
Фенол



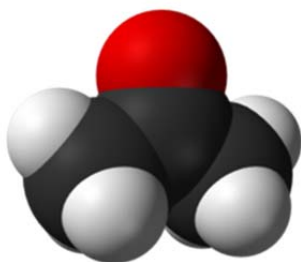
Гліцерол



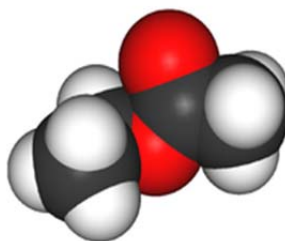
Етаналь



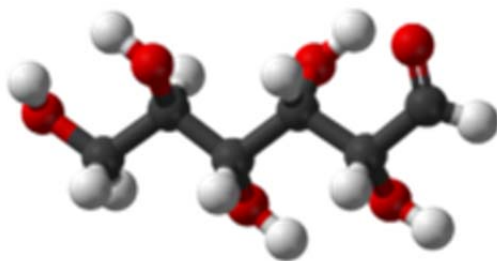
Етанова кислота



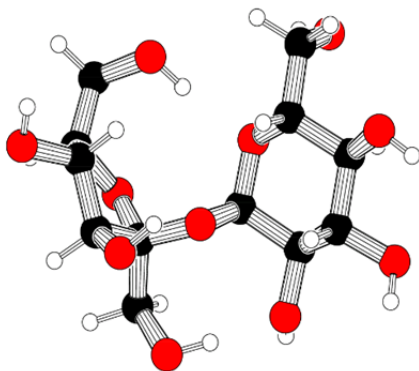
Диметилкетон



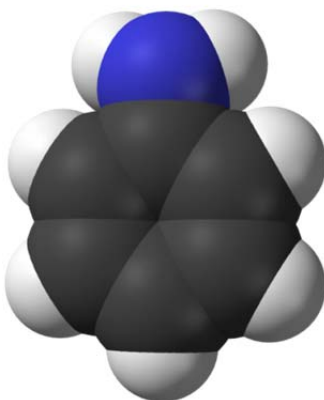
Метилетаноат



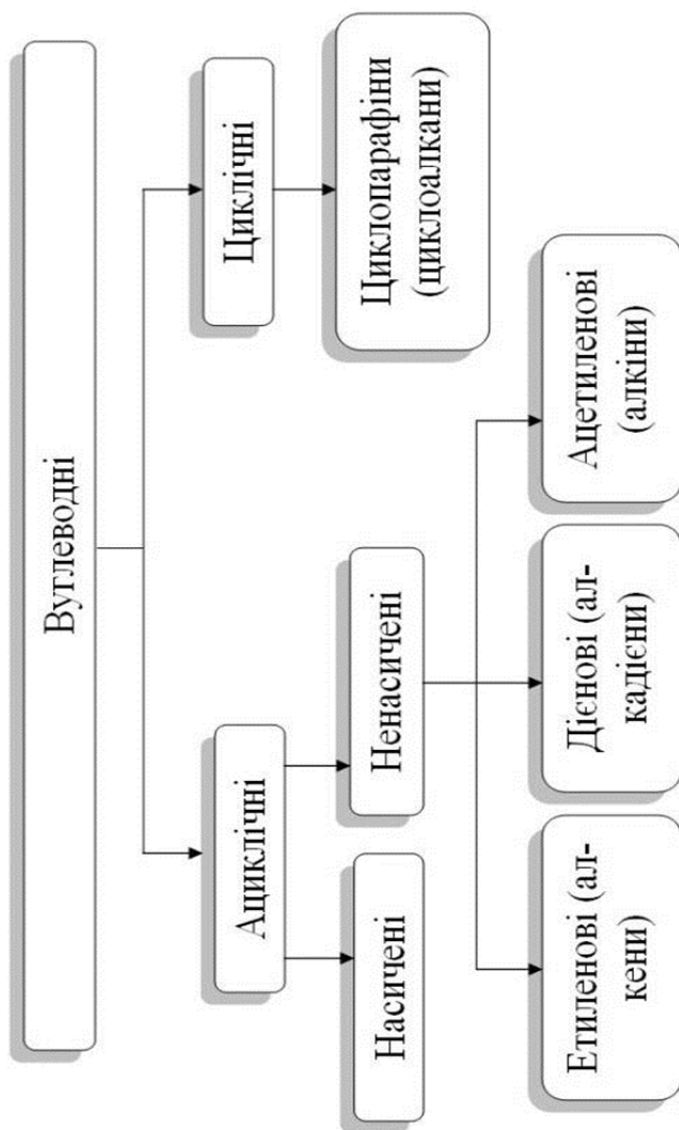
Глюкоза

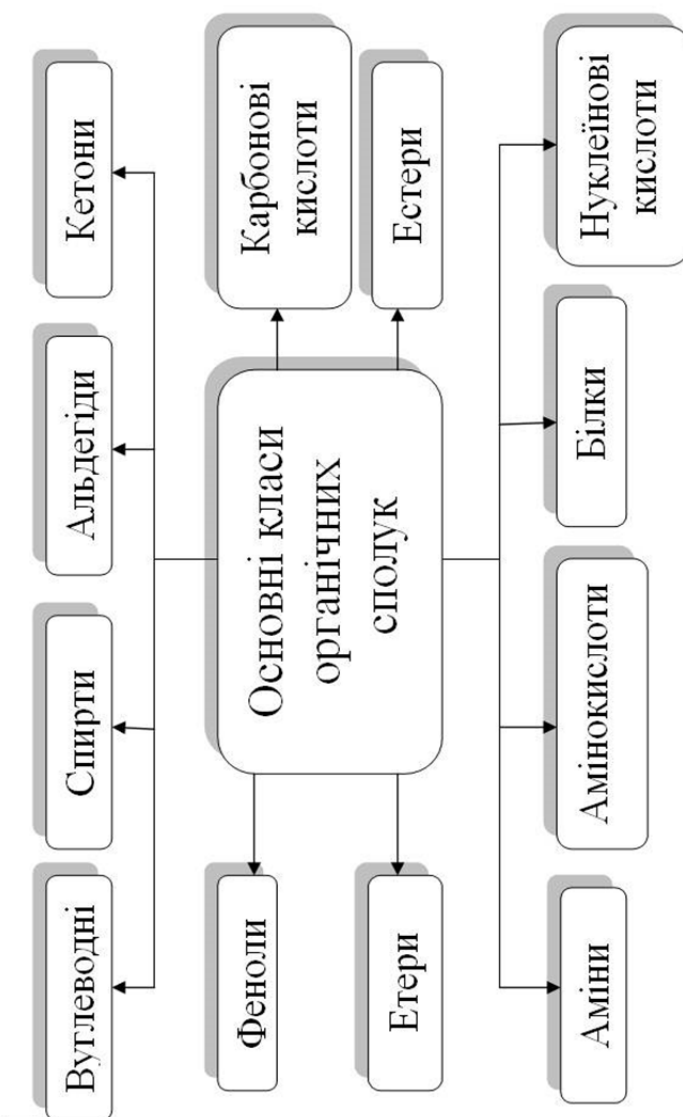


Сахароза



Анілін





Якісні реакції на органічні сполуки

Речовина	Ознака реакції	Рівняння реакції
Етилен	Знебарвлення розчину перманганату калію	$3\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_2-\text{CH}_2 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$ <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{cc} & \\ \text{OH} & \text{OH} \end{array}$ </div>
	Знебарвлення бромної води	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$
Ацетилен	Знебарвлення розчину перманганату калію	$3\text{CH}\equiv\text{CH} + 8\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 8\text{MnO}_2 + 8\text{KOH} + 3\text{HOOC}-\text{COOH}$
	Знебарвлення бромної води	$\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2$
	Утворення осаду з аміачним розчином аргентум оксиду	$\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{AgC}\equiv\text{CAg}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
Бензол	Утворення нітробензену (запах гіркого мигдалю)	$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Етанол	Прожарена мідна спіраль (чорна) стає блискучою, з'являється запах альдегіду	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})\text{H} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
	Утворення жовтого осаду з йодною водою	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 4\text{I}_2 + 6\text{NaOH} \rightarrow \text{CHI}_3\downarrow + \text{HCOONa} + 5\text{NaI} + 5\text{H}_2\text{O}$
Гліцерин	Утворення синього розчину купрум (II) гліцерату	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ 2 \text{CH}-\text{OH} + \text{CuOH}_2 \rightarrow \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{O} \\ \\ \text{CH}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} \begin{array}{c} \text{O}-\text{HC} \\ \\ \text{O}-\text{HC} \\ \\ \text{HO}-\text{HC} \end{array} \text{Cu} \begin{array}{c} \text{O}-\text{HC} \\ \\ \text{O}-\text{HC} \\ \\ \text{HO}-\text{HC} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O} $
Фенол	Утворення білого осаду в реакції з бромною водою	$ \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} + 3\text{Br}_2 \rightarrow \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3 \end{array} \downarrow + 3\text{HBr} $
	Поява темно-фіалкового забарвлення FeCl_3	$3\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{FeCl}_3 \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_3\text{Fe} + 3\text{HCl}$

продовження додатка Е

Альдегіди	Утворення червоного осаду в реакції з $\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} + \text{Cu}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
	Утворення «срібного дзеркала» з аміачним розчином аргентум оксиду	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} + 2\text{Ag} \downarrow$
Карбонові кислоти	Змінюють колір індикаторів	
Мурашина кислота	Виділення водню в реакції з металами	$2\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2 \uparrow$
Оцтова кислота	Утворення «срібного дзеркала» з амоніачним розчином Ag_2O	$\text{HCOOC} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{Ag} \downarrow$
	Поява темно-червоного осаду в реакції з FeCl_3	$3\text{CH}_3\text{COOH} + \text{FeCl}_3 \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe} \downarrow + 3\text{HCl}$
Глюкоза	Проба на альдегідну групу: а) утворення червонного осаду з $\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_5\text{-COH} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_5\text{-COOH} + \text{Cu}_2\text{O} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
	б) утворення «срібного дзеркала»	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_5\text{-COH} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_5\text{COOH} + 2\text{Ag} \downarrow$
	Проба на гідроксильні групи: утворення синього розчину з $\text{Cu}(\text{OH})_2$	$ \begin{array}{ccc} \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ (\text{CHOH})_2 \\ \\ \text{COH} \end{array} & + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow & \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CH-O} \\ \\ \text{CH-O} \\ \\ (\text{CHOH})_2 \\ \\ \text{COH} \end{array} \begin{array}{c} \text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O} \end{array} \end{array} $
Крохмаль	Поява синього забарвлення з йодом	
Анілін	Утворення білого осаду з бромною водою	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} + 3\text{Br}_2 \rightarrow \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3 \end{array} \downarrow + 3\text{HBr} $
Білок	Поява жовтого забарвлення в реакції з $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (фіолетового)	
	Поява жовтого забарвлення в реакції з концентрованою нітратною кислотою	

Іменні реакції в органічній хімії

Реакція	Суть і схема реакції	Застосування
Бутлерова	Конденсація формальдегіду $6\text{H}\cdot\text{COH} \xrightarrow{\text{Ca}(\text{OH})_2} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Синтез гексоз
Вюрца	Дія металічного натрію на галогенопохідні насичених вуглеводнів $\text{CH}_3\text{Cl} + 2\text{Na} + \text{Cl}\cdot\text{C}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8 + 2\text{NaCl}$	Добування алканів
Зініна	Відновлення нітросполук $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 6\text{H} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Добування аніліну
Зелінського	Дегідратація циклогексану $\text{C}_6\text{H}_{12} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2$	Одержання бензолу Добування бензолу
Зелінського	Тримеризація ацетилену $3\text{CH}\equiv\text{CH} \xrightarrow{t^\circ, \text{C акт}} \text{C}_6\text{H}_6$	
Лебедева	Дегідратація і дегідрування етанолу $t^\circ, \text{ZnO}, \text{Al}_2\text{O}_3$ $2\text{CH}_3\cdot\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}\cdot\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Синтез бутадієну
Коновалова	Заміщення Гідрогену в алканах на нітрогрупу t° $\text{CH}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Одержання нітросполук
Кучерова	Гідратація ацетилену та його гомологів (Hg^{2+}) $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COH}$	Добування альдегідів

Використана література

1. Березан О. В. Органічна хімія: Посібник для вчителів хімії та учнів. – К. : Абрис, 2004. – 326 с.
2. Бобрівник Л. Д., Руденко В. М., Лезенко Г. О., Органічна хімія. – К. : Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002. – 544 с.
3. Гриньова М. В., Шиян Н. І., Пустовіт С. В., Джурка Г. Ф. і ін. Довідник для абітурієнтів і школярів загальноосвітніх навчальних закладів: навчально-методичний посібник. – К. : Літера ЛТД, 2010. – 464 с.
4. Днепровський А. С., Темникова Т. М., Теоретические основы органической химии. – 1. : Химия, 1991. – 560 с.
5. Домбровський А. В., Найдан В. М. Органічна хімія: навч. Посібн. – К. : Вища шк., 1992. – 504 с.
6. Домбровський А. С., Лукашова Н. І., Лукашов С. М. Хімія 10-11: Органічна хімія. – К. : Освіта, 1993. – 111 с.
7. Дробочський А. С., Романишина Л. М. Задачі і вправи з органічної хімії. Посібник для вчителів. – К. : Освіта, 1998. – 192 с.
8. Кононський О. І. Органічна хімія. Практикум. Навч. посібн. – К. : Вища школа, 2002. – 247 с.: іл.
9. Ластухін Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія. Підручник для ВНЗ. – Львів : Центр Європи, 2009. – 868 с.
10. Попель П. П., Крикля Л. С. Хімія: підручник для 11кл. загальноосвіт. Навч. закл. (академічний рівень. – К. : ВЦ «Академія», 2011. – 352с. – 352 с.: іл.
11. Хмеляр І. М., Романишина Л. М. Дидактичний матеріал з органічної хімії. – Тернопіль : Астон, 2003. – 244 с.
12. Цветкова Л. Б., Романюк О. П. Неорганічна та органічна хімія. Навч. посібн. Ч. II – Львів : «Магнолія – 2006», 2007. – 358 с.
13. Ярошенко О. Г. Хімія. Підруч. Для 11кл. загальноосвітніх навч. закл. (рівень стандарту). – К. : Грамота, 2015. – 232.: іл.

Навчальне видання

*Яцков Микола Васильович
Войцешевський Богдан Дмитрович*

ХІМІЯ

Для вищих навчальних закладів І-ІІ рівнів акредитації Частина друга

Навчальний посібник

Друкується в авторській редакції

Комп'ютерний набір і верстка

Козловець В. В.

Комп'ютерні правки

Хома К. М.

Літературний коректор

Мельник О. В.

Відповідальний за випуск

Пехота О. В.

Васьковець Л. І.

Технічний редактор

Сімчук Г.Ф.

Підписано до друку 13.10.2017 р. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Ум.-друк. арк. 22,1. Обл.-вид. арк. 23,2.

Тираж 100 прим. Зам. № 5333а.

Видавець і виготовлювач

Національний університет

водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.

*Свідомо про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*